



# *Revista Brasileira de Agrocomputação*

## Brazilian Journal of Agrocomputation

Vol. 2 Nº 1  
Junho, 2004  
June, 2004

REVISTA BRASILEIRA DE AGROCOMPUTAÇÃO

Brazilian Journal of Agrocomputation

ISSN 1676-0425

Universidade Estadual de Ponta Grossa /DEINFO, Ponta Grossa, PR, Brasil.

Website: <http://www.agrocomputacao.uepg.br>

**Periodicidade:** Semestral

**Idiomas para publicação:** A língua oficial é o Português, mas aceitam-se trabalhos em Inglês e Espanhol. Todos os trabalhos deverão conter resumo em Português e “abstract” em Inglês.

**Distribuição:** Gratuita às Bibliotecas das Instituições nacionais e estrangeiras de Pesquisa e Ensino. Entidades interessadas em receber a revista em regime de intercâmbio devem contatar: Editora da Universidade Estadual de Ponta Grossa, Pça. Santos Andrade nº 1, CEP 84010-919, Ponta Grossa, PR, Brasil.

**Periodicity:** half-yearly

**Languages for publication:** The official language is Portuguese but papers in English or Spanish may be accepted. All papers must include abstracts in Portuguese and English.

**Distribution:** Brazilian Journal of Agrocomputation is mailed at no charge to libraries of national and foreign Teaching and Research Institutions. Entities interested in receiving the Journal at an interchange basis should contact Editora da Universidade Estadual de Ponta Grossa, Pça. Santos Andrade nº 1, CEP 84010-919, Ponta Grossa, PR, Brazil.

**Comissão Editorial (Editorial Committee):**

Editor Chefe (Chief Editor): Prof. Dr. Jorim Sousa das Virgens Filho – UEPG

Editores Associados (Associate Editors)

Prof. Dr. Marcelo Giovanetti Canteri – UEL

Prof. Dr. Maria Salete Marcon Gomes Vaz – UEPG

Prof. M. Sc. Alaine Margarete Guimarães - UEPG

Prof. M. Sc. Ivo Mário Mathias - UEPG

**Conselho Editorial (Editorial Council):**

Angelo Cataneo – FCA/UNESP

Gilberto Chohaku Sedyama – UFV

Hilton Thadeu Z. do Couto – ESALQ/USP

José Maurício Fernandes – EMBRAPA/CNPQ

José Paulo Molin – ESALQ/USP

Maysa de Lima Leite - UEPG

Roberto Max Protil – PUC/PR

Rogério Teixeira de Faria – IAPAR

**ENDEREÇO (ADDRESS)**

**Revista Brasileira de Agrocomputação**

Laboratório INFOAGRO - Departamento de Informática

Setor de Ciências Agrárias e Tecnologia

Universidade Estadual de Ponta Grossa

Av. Carlos Cavalcanti, 4748 – Bairro Uvaranas

CEP 84.030-900 – Ponta Grossa, PR, BRASIL

Fone: (42) 220-3097

E-mail : [agrocomputacao@uepg.br](mailto:agrocomputacao@uepg.br)

HomePage: <http://www.agrocomputacao.uepg.br>

### **Ficha catalográfica**

REVISTA BRASILEIRA DE AGROCOMPUTAÇÃO  
v.2, n. 1 (dez. 2004) - Ponta Grossa, PR: UEPG, 2004 -  
2004, 2(1)

Semestral  
ISSN 1676-0425

Depósito legal na Biblioteca Nacional

Editoração e arte/*Composition*  
Márcia Smaniotto  
Editora da Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Tiragem: 700 exemplares



**SUMÁRIO**

**ARTIGOS**

- Algoritmo para redução de erros em mapas de produtividade para agricultura de precisão** - Leandro M. Gimenez , José Paulo Molin 5
- Análise de resultados obtidos por técnicas de inteligência artificial na mineração de dados de produtividade do solo** - Leila Maria Vriesmann, Alaine Margarete Guimarães, Marcelo Giovanetti Canteri, José Paulo Molin, Angelo Cataneo, Danilo Kovalechyn 11
- Avaliação de softwares para análise de parâmetros da pulverização realizada sobre papéis hidrossensíveis** - Luiz Cláudio Garcia, Hamilton H. Ramos, Altair Justino 19
- Identificação eletrônica de animais por rádio-freqüência (RFID): perspectivas de uso na pecuária de corte** - João Guilherme de C. F. Machado, José Flávio Diniz Nantes 29
- Redes neurais artificiais e agricultura de precisão para recomendação de adubação da cultura da goiabeira** - Silvia Helena Modenese Gorla da Silva, André Carlos Ponce de Leon Ferreira de Carvalho, Roseli Aparecida Francelin Romero, Paulo Estevão Cruvine, William Natale 37
- NORMAS PARA PUBLICAÇÃO** 43



**CONTENT**

**ARTICLES**

- Algorithm for removing errors on yield maps data for precision agriculture** - Leandro M. Gimenez , José Paulo Molin 5
- Analysis of results obtained through artificial intelligence techniques in soil yield data mining** - Leila Maria Vriesmann, Alaine Margarete Guimarães, Marcelo Giovanetti Canteri, José Paulo Molin, Angelo Cataneo, Danilo Kovalechyn 11
- Evaluation of software for analysis of spraying parameters carried over water-sensitive papers** - Luiz Cláudio Garcia, Hamilton H. Ramos, Altair Justino 19
- Animal identification system (RFID): perspectives of use in the beef cattle-breeding** - João Guilherme de C. F. Machado, José Flávio Diniz Nantes 29
- Artificial neural networks and precision farming for guava tree fertilization** - Silvia Helena Modenese Gorla da Silva, André Carlos Ponce de Leon Ferreira de Carvalho, Roseli Aparecida Francelin Romero, Paulo Estevão Cruvine, William Natale 37
- PUBLICATION POLICIES** 43

## ALGORITMO PARA REDUÇÃO DE ERROS EM MAPAS DE PRODUTIVIDADE PARA AGRICULTURA DE PRECISÃO<sup>1</sup>

Leandro M. Gimenez<sup>2</sup>, José Paulo Molin<sup>3</sup>

Recebido para publicação em 22/03/2002

Aprovado para publicação em 25/03/2004

**RESUMO:** Os mapas de produtividade gerados durante a colheita são constituídos por um grande número de pontos georreferenciados. Nem sempre estes pontos refletem a produtividade de forma correta, em função de erros que ocorrem durante o processo de coleta dos dados. A quantidade e os tipos de erros variam em função de uma série de fatores como o tipo de monitor de produtividade, máquina colhedora, tamanho e formato dos talhões, qualidade do sinal de GPS e outros. A ocorrência de erros nos dados utilizados na geração dos mapas leva a interpretações errôneas da variabilidade presente no campo, reduzindo a qualidade do mapa gerado. Neste trabalho foram propostas e utilizadas funções de lógica na composição de um algoritmo para realizar a eliminação dos erros presentes nos dados coletados, detectando e eliminando os erros mais importantes e mais freqüentes. O algoritmo foi testado em dados gerados em diferentes áreas, sendo apresentados resultados de duas dessas áreas onde é demonstrada substancial redução no volume de erros e aumento da qualidade dos mapas de produtividade.

**Palavras-chave:** monitor de produtividade, filtro, GPS

## ALGORITHM FOR REMOVING ERRORS ON YIELD MAPS DATA FOR PRECISION AGRICULTURE

**ABSTRACT:** Yield maps generated during the harvesting operation are made from a great number of georeferenced points. Each point shows the yield of a limited area around it and they all may be interpolated to generate a representation of surface. Not always the points represent the correct yield because of errors during data collecting process. The amount and type of errors depend on yield monitor and combine model, size and shape of fields, GPS signal quality and others. Errors on yield mapping data will cause missinterpretation on field variability, reducing map quality. Errors may be eliminated by using spreadsheets and in this work were proposed and used logic functions for an algorithm that detect and eliminate most frequent and important errors on raw data. The algorithm was tested with data from several fields and here is presented the example of two of those fields showing the improvement of yield maps quality.

**Keywords:** yield monitor, filtering, GPS

<sup>1</sup> Trabalho desenvolvido com dados obtidos em projeto financiado pela FAPESP

<sup>2</sup> Engº Agrônomo, Pesquisador, Fundação ABC, C.P. 1003Rod. PR 151 – km 155,5, 84166-990, Castro, PR. E-mail: mecaniza@fundacaoabc.com.br

<sup>3</sup> Engº Agrícola, Professor Doutor, ESALQ/USP, Bolsista CNPq, Av. Pádua Dias, 11, 13418-900, Piracicaba, SP. E-mail: jpmolin@esalq.usp.br

## 1 INTRODUÇÃO

A geração de mapas de produtividade ou rendimento já é uma prática bastante comum em países mais desenvolvidos, onde o monitoramento da produtividade é considerado o primeiro passo na implantação da Agricultura de Precisão. No Brasil, em algumas áreas onde a tecnologia vem sendo estudada, já se tem mapas de produtividade há alguns anos.

Os mapas gerados durante a colheita, pela própria colhedora equipada com sensores e um sistema para posicionamento em campo (GPS - Global Positioning System), são constituídos de um grande número de pontos onde se tem a produtividade georreferenciada. Nem todos pontos refletem a produtividade adequadamente, sendo comum a ocorrência de erros na coleta dos dados (Molin, 2000).

Alguns desses erros são eliminados por programas computacionais geradores de mapas. No entanto, parte dos erros é de identificação e caracterização relativamente complexa. Moore (1998), trabalhando com dados de seis anos consecutivos de mapeamento de produtividade, identificou os seguintes erros: suavização, calibração de volume, largura incorreta da plataforma e tempo de enchimento da colhedora. Blackmore & Marshall (1996) listaram várias fontes de erros em mapas de colheita. Incluíram erros oriundos da retrilha de grãos e das perdas de colheita. Ensaios conduzidos por Larscheid et al. (1997) mostraram que quando se utiliza sensores volumétricos, a densidade dos grãos deve ser aferida pelo menos 5 ou 6 vezes por dia, para reduzir erros sistemáticos. Thylén et al. (1997) identificaram erros de tempo de enchimento da colhedora em mapas de produtividade.

Também existem limitações dos próprios equipamentos. Os fabricantes dos monitores de produtividade em geral atribuem uma acurácia na ordem de 2 a 3% na totalização dos grãos colhidos. Grisso et al. (1999) acompanharam colhedoras equipadas com monitor de produtividade trabalhando a diferentes taxas de alimentação. A faixa de erro observada foi da ordem de 2%. Da mesma forma, Molin et al. (2000) encontraram diferença média de massa entre aquela lida pelo monitor e a totalização de balança em cada tanque graneleiro da colhedora, da ordem de 0,5% e 1,06% para dois anos seguidos em um mesmo talhão e com o mesmo equipamento. Kormann et al. (1998) realizaram ensaios com sensores de fluxo volumétrico em condição controlada de laboratório, obtendo erros em um intervalo de 6,85% a mais e 7,02% a menos que o peso real para dados pontuais.

O número e os tipos de erros variam em função de uma

série de fatores como o modelo do monitor de produtividade e da colhedora, sistema utilizado para o posicionamento, tamanho e formato dos talhões, entre outros. A presença de erros nos dados utilizados para a confecção dos mapas de produtividade é bastante prejudicial à qualidade do mapa gerado, podendo inclusive levar a interpretações errôneas mesmo que seu volume em relação ao total de dados coletados seja pequeno. É importante que esses erros sejam removidos para melhorar a qualidade da informação contida nos mapas. Este trabalho tem por objetivo gerar um filtro para reduzir os erros em mapas de produtividade a partir da eliminação dos dados discrepantes dentre aqueles coletados durante a colheita.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados coletados durante a colheita de duas lavouras com diferentes culturas, colhedoras e monitores de colheita. As lavouras são identificadas como área 1, colheita de soja na safra 1999 em Castro, PR e área 2, colheita de milho em 1998 em Campos Novos Paulista, SP. Os monitores, juntamente com o sistema de posicionamento, geram um arquivo texto contendo os dados de posicionamento (latitude e longitude) e de quantidade de grão que entra na máquina, além de outros fatores como a largura de corte da plataforma, teor de umidade dos grãos e possíveis fatores encontrados no campo e que sejam georreferenciados durante a colheita pelo operador da máquina.

A Tabela 1 representa o tipo de informação gerada pelos monitores de produtividade. Nas primeiras colunas (latitude e longitude) têm-se as coordenadas que permitem o posicionamento no campo. Na terceira coluna encontram-se os dados de quantidade de grão que passam pelo sensor no momento em que a máquina se encontra naquela posição e na última coluna são apresentados os dados de umidade do grão.

**Tabela 1 -** Exemplo de um arquivo gerado pelo monitor de produtividade

LONGITUDE	LATITUDE	FLOW	TIME	DISTANCE	SWATH	MOISTURE
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
-49,933493	-24,857763	349,27	7119068	594	4775	31,40
-49,933490	-24,857411	353,80	7119069	594	4775	31,40
-49,933490	-24,857058	385,55	7119070	594	4775	31,40
-49,933490	-24,856705	385,55	7119071	620	4775	31,40
-49,933487	-24,856352	381,02	7119072	645	4775	31,40
-49,933487	-24,855999	471,74	7119073	645	4775	31,40
-49,933487	-24,855788	430,91	7119074	645	4775	31,40
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Os dados foram importados para o software SStolbox®, Sistema de Informações Geográficas (SIG), próprio para aplicações em agricultura de precisão, onde um algoritmo converte as informações em produtividade para cada ponto. Na tabela 2 é apresentado o mesmo conjunto de dados após o cálculo da produtividade de grãos.

**Tabela 2 -** Exemplo de arquivo gerado pelo monitor de produtividade após o cálculo da produtividade, expressa neste caso como “dry yield”

LONGITUDE	LATITUDE	FLOW	TIME	DISTANCE	SWATH	MOISTURE	DRY_YIELD
-49,933493	-24,857763	349,27	7119068	594	4775	31,40	11,1978
-49,933490	-24,857411	353,80	7119069	594	4775	31,40	11,3430
-49,933490	-24,857058	385,55	7119070	594	4775	31,40	12,3609
-49,933490	-24,856705	385,55	7119071	620	4775	31,40	11,8426
-49,933487	-24,856352	381,02	7119072	645	4775	31,40	11,2498
-49,933487	-24,855999	471,74	7119073	645	4775	31,40	13,9283
-49,933487	-24,855788	430,91	7119074	645	4775	31,40	12,7228

Após o cálculo, os dados podem ser utilizados na geração do mapa de produtividade. Este mapa normalmente apresenta erros, uma vez que o SIG apenas converte os dados gerados pelo monitor de produtividade. Cada linha do arquivo representa um ponto com uma série de atributos, sendo a produtividade um deles. Os erros nos valores de produtividade se expressam como valores muito altos, muito baixos, nulos ou até mesmo pela falta de valores.

A eliminação dos dados discrepantes foi realizada com a utilização da planilha eletrônica, Microsoft Excel® e suas funções de lógica. O algoritmo trabalha os dados de produtividade um a um, comparando-os à média de todos os dados, ao valor de um dado coletado antes do dado avaliado e também à distância em metros entre o ponto analisado e o ponto imediatamente anterior. O valor do ponto analisado é classificado pelo algoritmo como VERDADEIRO, quando está dentro das exigências impostas pelo algoritmo, ou FALSO em caso contrário.

Quando o valor do ponto é considerado VERDADEIRO, é atribuído a ele o valor ZERO uma vez que o mesmo deve ser descartado; quando o mesmo é considerado FALSO, seu valor é mantido.

Desta forma é possível eliminar pontos que estejam com valores 2, 3, 4, ..., n vezes superiores e inferiores à média de todos os pontos, corrigindo possíveis falhas grosseiras do sensor de produtividade e de largura de corte da plataforma inadequada. Através da comparação do dado avaliado com um dado coletado cerca de 15, 16, 17, ..., n pontos atrás e também da distância entre os pontos coletados, é possível eliminar boa parte dos erros pre-

sentes nos finais dos talhões, onde são realizadas manobras com a colhedora e também erros no tempo de enchimento da colhedora.

A eliminação de pontos com valores maiores ou menores que a média é realizada pela condição:  $SE(OU(X > n * MÉDIA); (X < MÉDIA/n))$ .

O valor do ponto X avaliado é considerado VERDADEIRO quando o mesmo é n vezes maior ou menor que a média de todos os dados, recebendo o valor zero. O valor do ponto X será FALSO quando se encontra no intervalo compreendido entre n vezes o valor da média de todos os dados e o valor dessa mesma média, dividido por n, sendo mantido então o seu próprio valor.

A eliminação de pontos com valores discrepantes, principalmente devido a problemas com coleta de dados durante as manobras e também com o tempo de enchimento da colhedora, é realizada com a seguinte condição:  $SE(OU((X_n > (X_{n-15}) * n); (X_n < (X_{n-15})/n)))$ . O valor do ponto  $X_n$  avaliado é considerado VERDADEIRO quando o mesmo é n vezes maior ou menor que o valor do ponto  $X_{n-15}$ , recebendo o valor zero. Será FALSO quando  $X_n$  considerado se encontra entre  $n * (X_{n-15})$  e  $(X_{n-15})/n$ , sendo mantido o seu valor. O valor 15 foi adotado pois este é o período (15 segundos) aproximado para o enchimento da máquina e estabelecimento do fluxo de grãos podendo ser alterado caso necessário.

De modo complementar, a distância entre os pontos coletados pode também ser utilizada para reduzir os erros de manobras e de falhas no sistema de posicionamento com a seguinte condição:  $SE(OU(DISTÂNCIA < Y_{min}); (DISTÂNCIA > Y_{máx}))$ . DISTÂNCIA é o valor calculado, em metros, entre o ponto  $X_n$  e o ponto  $X_{n-1}$  a partir das coordenadas geográficas dos pontos, previamente convertidas para coordenadas métricas.  $Y_{min}$  e  $Y_{máx}$  são os valores limites admitidos para a menor e a maior distância entre pontos, de acordo com a colhedora e monitor de produtividade utilizados. Os valores de distância entre a coleta dos pontos são bastante regulares para uma mesma colhedora colhendo o mesmo tipo de grão, o que permite obter para cada colhedora valores bastante seguros de  $Y_{min}$  e  $Y_{máx}$ .

Após a junção das condições acima estabelecidas chega-se ao algoritmo:

$$SE(OU(X > n * MÉDIA); (X < MÉDIA/n); (X_n > (X_{n-15}) * n); (X_n < (X_{n-15})/n)); (DISTÂNCIA < Y_m); (DISTÂNCIA > Y_m))$$

O valor do ponto avaliado será ZERO caso o resultado da expressão for VERDADEIRO e será mantido o valor

da produtividade indicada caso o resultado da expressão for FALSO.

Após serem submetidos ao algoritmo, os dados de coordenadas e valor da produtividade de cada ponto considerado pelo algoritmo, são copiados para um novo arquivo, onde são eliminados os pontos com valor igual a ZERO, podendo depois disso serem importados novamente pelo SIG para a geração dos mapas.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram estudados dados de duas áreas colhidas com diferentes culturas, máquinas e monitores de produtividade. Os mapas de produtividade com dados originais referentes às duas áreas estudadas são apresentados na figura 1. Na figura 2 são apresentados os mesmos mapas após o tratamento dos dados com o algoritmo proposto.

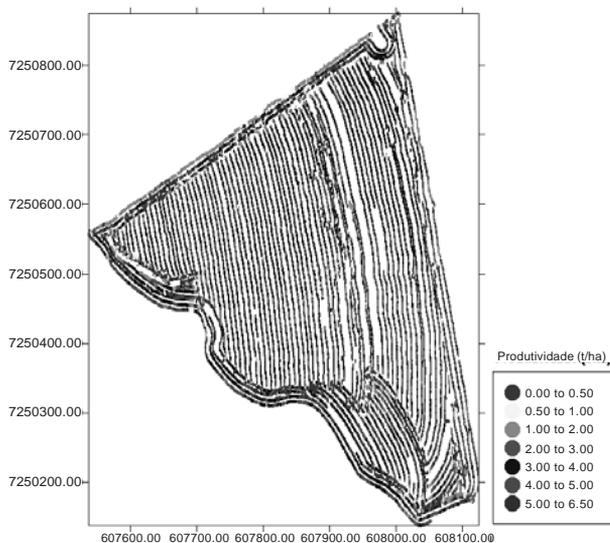
Houve significativa melhora na qualidade dos dados sendo

reduzidos a variância e o desvio padrão dos dados nas duas áreas. O número de dados eliminados pelo filtro foi bastante diferente em termos proporcionais, sendo eliminados 41% dos dados da área 1 (Castro) e 21% dos dados da área 2 (Campos Novos Paulista). A qualidade da informação pode ter sido em parte prejudicada pela eliminação de um grande número de pontos. Entretanto, a densidade de pontos é bastante elevada, mesmo após a remoção de todos os pontos considerados problemáticos pelo algoritmo, sendo possível identificar com bastante segurança as zonas de maior e menor produtividade.

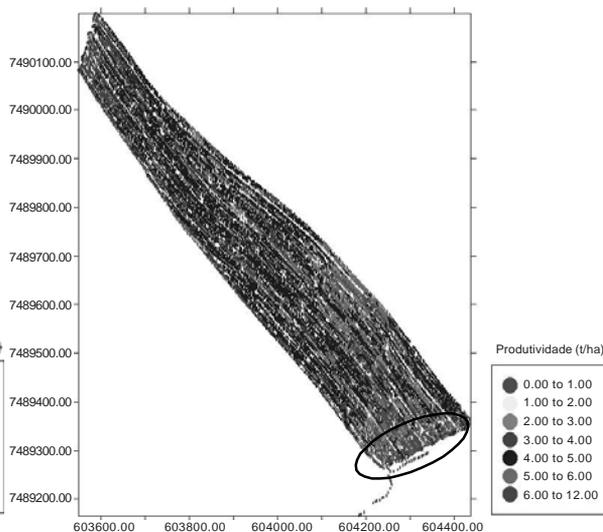
No mapa de produtividade da figura 1, são destacadas regiões onde se tem uma série de erros causados durante a manobra e pelo tempo de enchimento da máquina.

Após a aplicação do filtro pode-se notar uma significativa redução nos erros de manobras e tempo de enchimento da máquina, ou seja, os pontos que possuíam valores discrepantes, próximos às regiões de manobra nas cabeceiras das áreas, foram eliminados.

**Área 1 (Castro, PR)**  
**Mapa de produtividade em pontos – soja, 1999**



**Área 2 (Campos Novos Paulista, SP)**  
**Mapa de produtividade em pontos – milho, 1998**



**Figura 1 -** Mapas de produtividade das duas áreas de estudo com os dados brutos provenientes dos monitores de produtividade: a) soja, 1999, área 1 (Castro); b) milho, 1998, área 2 (Campos Novos Paulista).

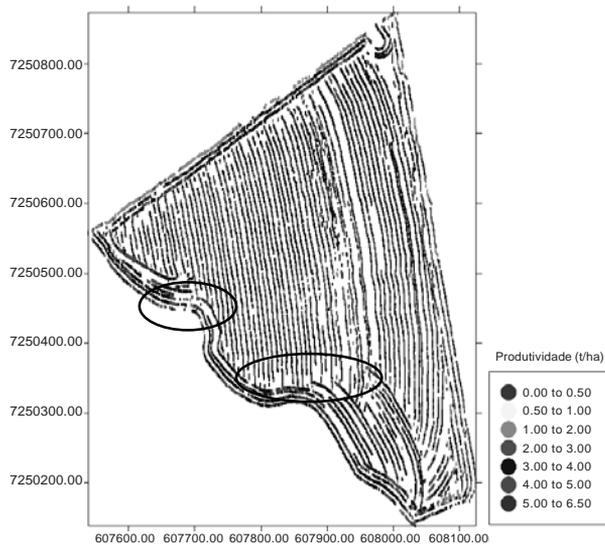
Tabela 3 - Caracterização dos dados antes e após a utilização do algoritmo de filtragem.

	Área 1, Soja, 1999		Área 2, Milho, 1998	
	Dados Brutos	Dados Filtrados	Dados Brutos	Dados Filtrados
Média (t/ha <sup>-1</sup> )	2,97	3,17	4,25	4,68
Variância (t/ha <sup>-1</sup> )	1,01	0,41	2,51	0,36
Desvio Padrão (t/ha <sup>-1</sup> )	1,01	0,64	1,58	0,6
Nº de Total de Pontos	27.177	15.811	12.022	9.396
Nº de pontos/ha	1.151	669	505	394

Na tabela 3 é possível perceber que ocorre redução do desvio padrão e da variância dos dados, devido à eliminação de pontos com valores discrepantes. A elevação da média se deve à eliminação de um grande número de

pontos onde os valores de produtividade são bastante baixos, característica marcante dos erros em manobras de cabeceira da colhedora e tempo de enchimento da máquina

Área 1 (Castro, PR)  
Mapa de produtividade em pontos – soja, 1999



Área 2 (Campos Novos Paulista, SP)  
Mapa de produtividade em pontos – milho, 1998

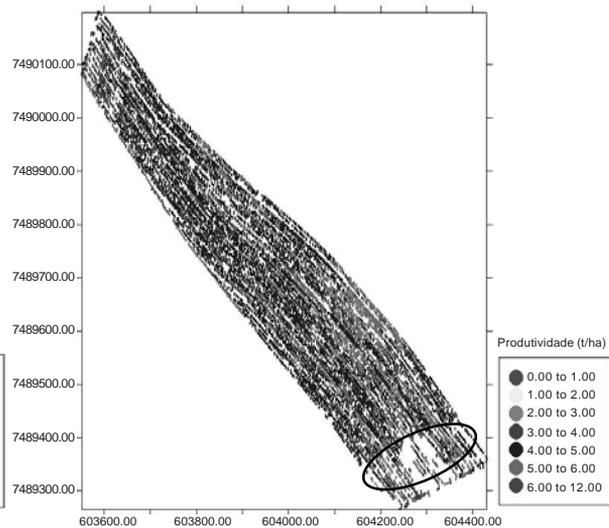


Figura 2 - Mapas de produtividade após a aplicação do algoritmo: a) soja, 1999, área 1 (Castro); b) milho, 1998, área 2 (Campos Novos Paulista).

Na área 2, o comportamento do algoritmo de filtragem foi bastante similar ao da área 1, havendo entretanto uma menor redução no número de pontos eliminados, devido principalmente à menor frequência de coleta de pontos pelo sistema durante a colheita e ao menor número de manobras. Na região inferior da figura 2 referente à área 2, é bastante significativo o número de pontos retirados. A observação do mapa produzido com os dados antes da aplicação do filtro permite afirmar, entretanto, que os pontos retirados representavam erros, o que pode se notar

pela produtividade que variou de 0 – 0,5t.ha<sup>-1</sup> a 5 – 6 t.ha<sup>-1</sup> em um espaço muito reduzido, o que não ocorre normalmente. Outro tipo de erro que foi bastante reduzido é o erro de largura de corte da plataforma da colhedora, que é caracterizado pela presença de linhas contínuas com produtividade bastante diferente das linhas próximas.

Os valores adotados como parâmetros para o algoritmo variaram para as duas áreas em virtude das diferenças intrínsecas a cada uma, sendo necessário obter estes valores para o filtro apresentar resultados satisfatórios.

No entanto, observa-se que a aplicação de filtros para a remoção de pontos onde os valores coletados pelo monitor de produtividade são discrepantes é importante para a obtenção de um mapa de produtividade de qualidade, evitando interpretações errôneas. A criação de um algoritmo para eliminação dos erros mostrou ser simples, sendo necessário, entretanto, o conhecimento dos principais tipos de erros presentes nos mapas, bem como o tipo de monitor e colhedora utilizados. Por outro lado, a aplicação do algoritmo no grande volume de dados referentes a uma dada área é bastante trabalhosa quando se utiliza uma planilha eletrônica, além de exigir grande espaço para o armazenamento das extensas planilhas geradas.

Uma próxima etapa seria o desenvolvimento de um programa computacional que contemple os passos estabelecidos neste algoritmo e processe os dados brutos provenientes dos monitores de produtividade. Tal programa deve contemplar a agilidade e funcionalidade do processo de limpeza dos dados originais.

## 5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do algoritmo de eliminação de erros em arquivos de dados para mapas de produtividade mostrou ser simples, embora seja trabalhosa a sua aplicação, além de exigir grande espaço para o armazenamento das extensas planilhas geradas, em função do grande volume de dados dos arquivos. O algoritmo criado permitiu remover boa parte dos erros presentes nos dados estudados, podendo ser utilizado com a restrição de que sejam fornecidos adequadamente os parâmetros requeridos pelo mesmo.

A implementação de um programa computacional com este tipo de algoritmo parece ser o próximo passo na redução dos erros presentes nos dados gerados pelos

monitores de produtividade e pelo sistema de posicionamento.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLACKMORE B.S., MARSHALL, C.J. Yield mapping; erros and algorithms. In: PRECISION AGRICULTURE INTERNATIONAL CONFERENCE, 3, 1996, Minneapolis. **Proceedings...** Minneapolis: ASA-CSSA-SSSA, 1996. p.403-415.

GRISSO R.D., JASAP J., SCHOROEDER M.A., WILCOX J.C. Yield Monitor Accuracy: Successful Farming Magazine Case Study. ASEA paper, n. 991047, Toronto, 1999.

KORMANN G., DEMMEL M., AUERNHAMMER H. Testing Stand Yield measurement systems in combine harvesters. ASEA paper, n. 983102, Orlando, 1998.

LARSCHEID G., BLACKMORE B.S., MOORE M. Management decisions based on yield maps. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 1, 1997, Warwick. **Precision Agriculture'97...** Oxford: BIOS Scientific Publishers Ltd, 1997. p. 895-902.

MOLIN J.P., CREMONINI L.C.M., MENEGATTIL., GIMENEZ L. Acurácia de um monitor de produtividade com sensor de fluxo volumétrico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2000, Fortaleza. **Anais/CD-Rom** Fortaleza: SBEA, 2000.

MOORE M. **An investigation into the accuracy of yield maps and their subsequent use in crop management.** 1998. 379f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Cranfield University, Silsoe.

THYLÉN L., JURSCHIK P., MURPHY D.L.P. Improving the quality of yield data. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 1, 1997, Warwick. **Precision Agriculture'97...** Oxford: BIOS Scientific Publishers Ltd, 1997. p. 895-902.



## ANÁLISE DE RESULTADOS OBTIDOS POR TÉCNICAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA MINERAÇÃO DE DADOS DE PRODUTIVIDADE DO SOLO

Leila Maria Vriesmann<sup>1</sup>, Alaine Margarete Guimarães<sup>2</sup>,  
Marcelo Giovanetti Canteri<sup>3</sup>, José Paulo Molin<sup>4</sup>, Angelo Cataneo<sup>5</sup>,  
Danilo Kovalechyn<sup>6</sup>

Recebido para publicação em 29/03/2003

Aprovado para publicação em 20/04/2004

**RESUMO:** *O mapeamento de fatores ambientais, de solo e de produtividade de uma determinada cultura produz uma grande quantidade de dados que podem conter informações importantes a serem usadas em processos de tomada de decisão sobre ações no campo. A extração de informações potencialmente úteis e implícitas em bases de dados é o principal objetivo da área denominada Mineração de Dados, a qual utiliza técnicas de Inteligência Artificial, como Árvore de Decisão (AD) e Algoritmos Genéticos (AGs), na execução de suas tarefas. O objetivo desse trabalho foi comparar resultados obtidos por essas técnicas na mineração de dados de características físico-químicas do solo e de produtividade da soja, obtidos experimentalmente. Os códigos para a Árvore de Decisão e para o Algoritmo Genético foram implementados nas linguagens Prolog e Borland Delphi® Professional, respectivamente. Os resultados foram apresentados na forma de regras de produção, tendo sido a meta obter regras que predissessem índices de produtividade acima de 2t/ha, com 100% de confiança. As regras geradas pelo algoritmo de Árvore de Decisão utilizaram os operadores < ou >= para relacionar um determinado valor a cada um dos atributos analisados. O Algoritmo Genético, pela facilidade em manipular números contínuos, possibilitou o uso de mais operadores, aceitando também nas regras a adoção de intervalo de valores para um atributo. Quanto à composição das regras, a AD apresentou maior variedade de atributos, enquanto que no AG a variabilidade notada foi mais especificamente nos valores, uma vez que as regras concentraram-se em torno de certos atributos, considerados os mais importantes. Assim, conclui-se que o Algoritmo Genético possibilitou um melhor tratamento dos dados pela diversidade de operadores, pela busca global e por simplificar o pré-processamento dos atributos, manipulando valores contínuos.*

**Palavras-chave:** *Algoritmo Genético, Árvore de Decisão, características físico-químicas do solo*

<sup>1</sup> Bolsista Pibic/CNPq, Acadêmica do Curso de Bacharelado em Informática, Laboratório InfoAgro, Departamento de Informática, Universidade Estadual de Ponta Grossa – Ponta Grossa/PR – Brasil, [leilavriesmann@bol.com.br](mailto:leilavriesmann@bol.com.br).

<sup>2</sup> Doutoranda em Agronomia, FCA/UNESP – Botucatu/SP – Brasil, [alainemg@fca.unesp.br](mailto:alainemg@fca.unesp.br). Professora no Departamento de Informática, Universidade Estadual de Ponta Grossa – Ponta Grossa/PR – Brasil.

<sup>3</sup> Doutor em Agronomia, Professor no Departamento de Informática, Universidade Estadual de Ponta Grossa – Ponta Grossa/PR – Brasil, [mgcancer@uepg.br](mailto:mgcancer@uepg.br).

<sup>4</sup> Doutor em Agronomia, Professor na Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Universidade de São Paulo – Piracicaba/SP – Brasil, [jpmoli@carpa.ciagri.usp.br](mailto:jpmoli@carpa.ciagri.usp.br).

<sup>5</sup> Doutor em Agronomia, Professor no Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, FCA/UNESP - Botucatu/SP - Brasil, [angelo@fca.unesp.br](mailto:angelo@fca.unesp.br).

<sup>6</sup> Acadêmico do Curso de Bacharelado em Informática, Departamento de Informática, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa/PR, Brasil.

## ANALYSIS OF RESULTS OBTAINED THROUGH ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNIQUES IN SOIL YIELD DATA MINING

**ABSTRACT:** *The environmental factors, soil and productivity mapping of a certain culture produces a great amount of data, which may contain important information to be used in the decision making processes concerning actions in the field. The extraction of implicit and potentially useful information from databases is the main objective of the area denominated Data Mining. This area uses Artificial Intelligence techniques such as Decision Tree and Genetic Algorithms, in order to accomplish its tasks. The objective of this work was to compare results obtained through those techniques in data mining about soil physiochemical characteristics and soy productivity, obtained experimentally. The Decision Tree and Genetic Algorithm were implemented in Prolog and Borland Delphi® Professional languages, respectively. The results were presented in the form of production rules, being the goal to obtain rules to predict productivity indexes above 2t/ha, 100% reliable. The rules generated by the algorithm of the Decision Tree used the operators < or >= to relate a certain value to each of the analyzed attributes. The Genetic Algorithm, due to the easiness in handling continuous values, enabled the use of more operators, also accepting the adoption of values interval for an attribute in the rules. As for the composition of the rules, AD presented larger variety of attributes, while in AG the variability was noticed more specifically in the values, once the rules pondered around certain attributes, considered the most important. Therefore, the conclusion is that the Genetic Algorithm enabled better treatment of the data due to the diversity of operators, global search and pre-process simplification by manipulating continuous values.*

**Keywords:** *Genetic Algorithm, Decision Tree, soil physical-chemical properties*

### 1 INTRODUÇÃO

A variabilidade no índice de produtividade de uma cultura em diferentes pontos de uma determinada área de cultivo induz ao pensamento de que características ambientais e do solo exercem influência sobre os resultados obtidos. O mapeamento de fatores ambientais, de solo e de produtividade em um campo, segundo Stafford (2000), produz uma grande quantidade de dados que o produtor pode utilizar em um processo de decisão. Esses dados, quando bem manipulados, podem contribuir para o aumento da produtividade a custos reduzidos.

Segundo Molin et al. (2001), literaturas recentes apresentam muitos exemplos onde os fatores de produtividade têm sido listados baseados na correlação entre parâmetros de fertilidade do solo e produtividade. A descoberta de tais padrões constitui-se de uma tarefa que pode ser executada utilizando-se a técnica de Mineração de Dados.

A Mineração de Dados é uma das etapas do processo de descoberta de conhecimento em banco de dados

(KDD – Knowledge Discovery in Databases) e tem por objetivo extrair informações implícitas e potencialmente úteis de dados (Fayyad et al., 1996). Suas técnicas envolvem fundamentos computacionais, ligados intimamente à área de Inteligência Artificial, que propiciam a construção de algoritmos que possibilitam a busca por padrões implícitos.

Os parâmetros de fertilidade do solo (características físico-químicas) e o índice de produtividade podem ser rotulados, respectivamente, como atributos preditivos (ou previsores) e atributo objetivo (ou meta). Segundo Lopes (1999), a descoberta de algum tipo de relacionamento entre os atributos preditivos e o atributo objetivo, de modo a se obter um conhecimento que possa ser utilizado para prever a classe de uma tupla (registro) desconhecida, ou seja, que ainda não possui uma classe definida, é princípio da tarefa de classificação. As técnicas de Inteligência Artificial que aplicam algoritmos de classificação incluem, de acordo com Langley (1996), Árvore de Decisão (AD) e Algoritmos Genéticos (AGs).

Uma Árvore de Decisão é utilizada para descobrir regras e relacionamentos partindo e subdividindo a informação contida nos dados (Chou, 1991). Um objeto é classificado seguindo o caminho da raiz da árvore até a folha de acordo com os valores de seus atributos.

Os Algoritmos Genéticos são algoritmos de busca e otimização baseados na analogia com os processos de seleção natural e genética evolucionária (Goldberg, 1989). A essência do método consiste em manter uma população de indivíduos (cromossomos), os quais representam possíveis soluções para um problema específico. Melhores soluções podem ser atingidas por meio de um processo de seleção competitiva, envolvendo cruzamentos e mutações (Herrera, 1996).

Segundo Carvalho & Freitas (2000), a maioria dos algoritmos de indução de regras (como Árvore de Decisão) trabalham uma única solução candidata ao mesmo tempo, e normalmente avaliam uma solução candidata parcial, baseada somente em informação local enquanto que os AGs trabalham com uma população de soluções candidatas, que são avaliadas totalmente pela função de *fitness*.

A performance de um algoritmo de classificação depende muito do domínio da aplicação (Freitas, 2000). Um algoritmo de mineração pode utilizar uma ou mais técnicas associadas. Recentes pesquisas têm mostrado que para alguns domínios é interessante o uso de mais de uma técnica associada, formando algoritmos híbridos, como em Kim & Ham (2000), onde se trabalha com Algoritmos Genéticos e Redes Neurais, e em Carvalho & Freitas (2000), onde são utilizados Árvores de Decisão e Algoritmos Genéticos. Dessa maneira, faz-se necessário avaliar as técnicas de forma individual para perceber as vantagens e as desvantagens de cada uma delas em um

determinado domínio.

O presente trabalho teve por objetivo analisar resultados obtidos por técnicas de Inteligência Artificial na mineração de dados de características físico-químicas do solo associadas à produtividade da soja produtividade. As técnicas utilizadas foram Árvores de Decisão, que emprega o método de busca local em seu espaço de estados, e Algoritmos Genéticos, que executam uma busca global.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Base de dados

Os dados foram coletados na região de Campos Novos, SP. Uma área foi dividida em 2388 células quadradas, onde cada célula continha informações sobre produtividade da soja (atributo meta) e características físico-químicas do solo (atributos previsores). As informações foram agrupadas e coletadas usando aparelhos de GPS (Global Position System).

O atributo meta considerado foi a produtividade (*Produt*) e os atributos predicados considerados foram: *pH* (acidez do solo), *Ctc* (capacidade de troca catiônica), *V* (saturação), *H+Al* (hidrogênio e alumínio), *Ca* (cálcio), *Mg* (magnésio), *Mn* (manganês), *P* (fósforo), *K* (potássio), *Bo* (boro), *Zn* (zinco), *Cu* (cobre), *Fe* (ferro), *M.O.* (matéria orgânica), *Areia*, *Silte* e *Argila*. Todos os valores dos atributos foram obtidos no ano 2000, exceto a *Areia*, o *Silte* e a *Argila* que foram coletados em 1999. Um exemplo de parte da base de dados pode ser visualizado na Tabela 01, que possui uma coluna nomeada *Id* representando o identificador de cada célula.

Tabela 01 - Exemplo de parte da base de dados.

<b>Id</b>	<b>Produt</b>	<b>Zn</b>	<b>V</b>	<b>Ph</b>	<b>...</b>	<b>Silte</b>	<b>Argila</b>
163	2,9760	3,1880	71,2500	6,0330	...	5,0780	22,1200
164	3,0040	3,0890	71,2500	6,0330	...	5,0050	22,1200
255	2,7950	3,6430	70,5000	6,0080	...	5,2470	24,3700
256	2,8060	3,4880	71,4200	6,0420	...	5,1270	23,0500
257	3,0250	3,3340	71,2500	6,0330	...	5,0940	22,1200
258	3,1430	3,1770	71,2500	6,0330	...	5,0050	22,1200
259	3,0280	3,0320	71,2500	6,0420	...	4,8270	22,2500
...	...	...	...	...	...	...	...
8843	2,5030	0,5727	68,9000	5,7500	...	3,6280	20,2400
8935	2,5710	0,5807	69,2500	5,7750	...	3,5560	20,2300
8936	2,5660	0,6063	68,9000	5,7500	...	3,6830	20,2400

<sup>1</sup> *Fitness* é uma função matemática que associa um valor numérico a uma solução candidata, representando uma medida de qualidade.

A base de dados foi adquirida junto a Fundação ABC – Castro-PR e sofreu alguns refinamentos na fase de pré-processamento, objetivando preparar os dados para a mineração. Os refinamentos constituíram-se da eliminação de ruídos, como dados imprecisos ou ausentes. Para a aplicação do algoritmo de Árvore de Decisão, os atributos foram discretizados, ou seja, transformados em 2 classes distintas (yes/no, indicando se o valor de cada atributo é ou não maior que um determinado limiar estabelecido). Para o uso do AG, a base permaneceu como mostra a Tabela 01, não havendo necessidade de discretização. Dessa maneira, obtiveram-se 2 arquivos, um para cada técnica.

Na tarefa de classificação é comum utilizar uma base de dados de treinamento e outra base de dados para teste. A base de treinamento é responsável pela geração de regras, enquanto que a base de teste visa comprovar os resultados obtidos. Dessa maneira, a base de dados utilizada foi particionada aleatoriamente em 70% para treinamento e 30% para teste. A divisão foi realizada de forma independente no arquivo com dados discretizados e no arquivo com dados sem discretização.

## 2.2 Representação do conhecimento

Antes da modelagem das técnicas utilizadas para a Mineração de Dados, analisou-se como o conhecimento descoberto deveria ser apresentado, uma vez que o formato da saída pode influenciar na maneira de representar os dados e suas transformações no algoritmo. No contexto da tarefa de classificação, o conhecimento descoberto muitas vezes é expresso como um conjunto de regras de classificação do tipo SE-ENTÃO, uma vez que esse tipo de representação do conhecimento é intuitivo para o usuário (Carvalho & Freitas, 2000).

Segundo Romão et al. (2000), regras do tipo SE-ENTÃO são chamadas regras de produção, constituindo uma forma de representação simbólica e possuindo a seguinte

forma:

SE <antecedente> ENTÃO <conseqüente>

O antecedente é formado por expressões condicionais envolvendo atributos do domínio da aplicação existentes nos bancos de dados. O conseqüente é formado por expressões que indicam a previsão de algum valor para um atributo meta a partir dos valores dos atributos previsoires. Para o domínio em estudo, o antecedente foi constituído pelas características físico-químicas do solo e seus valores e o conseqüente pela classe procurada no índice de produtividade.

## 2.3 Técnicas de Inteligência Artificial utilizadas

### 2.3.1 Árvores de Decisão

A Árvore de Decisão baseou-se no algoritmo C45 (Quinlan, 1993). Os nós da árvore representaram os atributos, as arestas os valores possíveis e as folhas as classes.

Para se construir a árvore, algumas decisões tiveram que ser tomadas. Primeiramente houve a necessidade de decidir quais atributos físico-químicos do solo seriam considerados mais importantes, os quais deveriam ser alocados em nós próximos ao topo da árvore, enquanto que os menos relevantes são considerados nos nós próximos às folhas. Depois, estudou-se o valor (limiar) a ser utilizado como teste em cada nó. A Tabela 02 apresenta os limiares para cada um dos atributos físico-químicos.

A Árvore de Decisão foi projetada para ser do tipo binária, ou seja, cada nó teria duas arestas: uma para quando o valor encontrado na base é menor do que o limiar e outra em caso contrário. Finalmente, estipulou-se o número de classes e os valores para cada uma delas, constituindo assim as folhas. Foram utilizadas duas classes: uma para indicar que a regra predizia um índice de produtividade maior ou igual a 2 t/ha e outra para índice menor que 2 t/ha.

**Tabela 02** - Limiares para cada um dos atributos físico-químicos.

<b>Atributo</b>	Zn	V	Ph	M.O.	Mg	Fe	Ca	B	P
<b>Valor</b>	1,221	70,86	5,97	19,705	12,265	18,15	28,865	0,1596	38,265
<b>Atributo</b>	H+Al	Cu	K	Mn	Ctc	Areia	Silte	Argila	
<b>Valor</b>	17,46	0,7476	1,542	9,5045	62,94	80,725	4,354	19,819	

Cada objeto foi classificado seguindo um caminho da raiz da árvore até uma folha.

O algoritmo de Árvore de Decisão foi implementado em linguagem Prolog para Linux.

### 2.3.2 Algoritmos Genéticos

A menor unidade de um AG é chamada gene. Um gene representa uma unidade de informação do domínio do problema, ou no âmbito de Mineração de Dados, um valor de um atributo. Uma série de genes, ou seja, um cromossomo, representa uma possível solução completa para o problema, denominada regra candidata (Lopes, 1999).

A codificação dos genes baseou-se na consideração de que, tendo-se uma base de dados com vários atributos contínuos predicados (características físico-químicas do solo) e um atributo meta (produtividade da soja), um cromossomo corresponde a um registro e, um gene corresponde a um atributo predicado do registro. Os genes foram tratados de forma posicional, ou seja, o primeiro gene correspondeu ao primeiro atributo, o segundo gene correspondeu ao segundo atributo, e assim sucessivamente.

Embora os valores de cada atributo estivessem armazenados no gene, fez-se necessário desenvolver uma maneira de tratar esses valores no decorrer do processo evolutivo do Algoritmo Genético. À medida que um indivíduo evolui muitas vezes faz-se necessário eliminar de seu cromossomo genes não expressivos. A representação desse conhecimento no algoritmo foi feita por meio da adoção de um campo, denominado Peso, em cada gene. Esse campo corresponde a uma variável real pertencente ao intervalo de 0 a 1 que indica se aquele gene será ou não considerado na regra, de acordo com um limiar configurável. Quanto maior o limiar, menos chances um atributo tinha de pertencer à regra. O limite para o atributo Peso foi de 0,95.

Em relação aos operadores a serem considerados nas regras, optou-se por implementar o AG de forma a permitir o uso dos operadores =, <, < e >=. Com objetivo de gerar regras mais eficientes foi projetada no algoritmo a possibilidade de que, em cada gene pudesse ser considerada uma faixa de valores para o atributo referenciado. Assim, um atributo poderia, por exemplo, ser maior ou igual a 62,1 e menor ou igual a 72,45. Em função disso incorporou-se à estrutura dos genes, campos para armazenar o operador e o(s) valor(es) do(s) atributo(s).

A Tabela 03 demonstra parte de um cromossomo (indivíduo) com seus campos preenchidos.

Tabela 03 - Parte de um cromossomo.

Gene[3]			Gene[12]		
Peso	Operador	Valor	Peso	Operador	Valor
1	=	1,275	0,96	>=	3,2 1,21

Foram escolhidos 50 indivíduos para evoluírem por 50 gerações procurando por intervalo entre 2 e 5 t/ha no índice de produtividade por meio de mutação e cruzamento (crossover), que são os processos de reprodução do AG. O método utilizado para seleção dos indivíduos foi a roleta. Maiores detalhes desse método podem ser vistos em Goldberg (1989).

A mutação é responsável pela mudança aleatória de um gene. Essa mudança pode ocorrer nos campos Operador, Peso e Valor. A probabilidade de mutação adotada foi de 50%, almejando que cada indivíduo selecionado tivesse a mesma probabilidade de ser ou não modificado. A taxa de mutação, assim como os demais parâmetros utilizados, não foram baseados em critérios específicos, uma vez que não tinham sido realizados testes anteriores no algoritmo para justificação da aplicação de um determinado valor ao invés de outro.

O processo de crossover cria novos indivíduos por meio do cruzamento de características de seus pais. Seleciona-

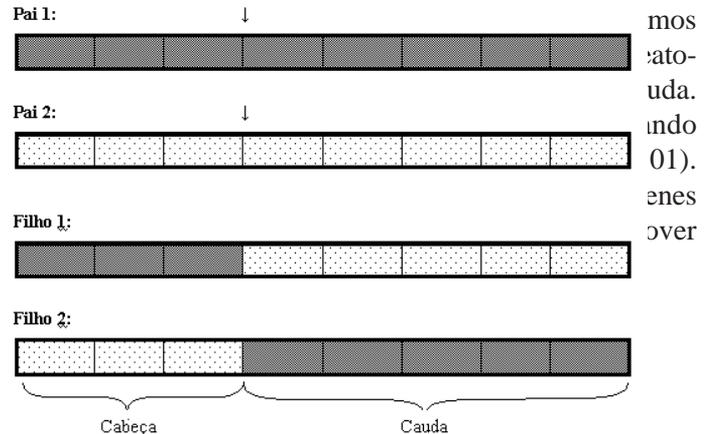


Figura 01 - Cruzamento entre dois indivíduos.

Baseado na lei da sobrevivência, onde somente os melhores permanecem, um novo indivíduo só é aceito na nova população se o seu valor de *fitness* é maior ou igual a um valor estipulado (0,65). Esse valor, pertencente ao intervalo entre 0 e 1, é fornecido por uma função de *fitness*, que indica a qualidade do indivíduo avaliado. A função utilizada foi:

$$fitness = \frac{tp}{(tp + fp)} \quad (01)$$

onde:

*tp* = número de verdadeiros positivos encontrados na base de dados consultada, ou seja, número de registros onde os valores dos genes dos indivíduos foram encontrados predizendo o intervalo desejado no índice de produtividade (entre 2 e 5);

*fp* = número de falsos positivos encontrados na base de dados consultada, ou seja, número de registros onde os valores dos genes dos indivíduos foram encontrados não predizendo o intervalo desejado no índice de produtividade (entre 2 e 5).

Durante a criação das gerações, a função de *fitness* é avaliada na base de dados de treinamento. Na última geração, é também avaliada na base de teste, objetivando a confirmação ou não da qualidade da regra.

Para implementação do código do Algoritmo Genético foi utilizada a linguagem Borland Delphi® Professional, versão 5 em ambiente Windows 98.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 04 e 05 apresentam resultados, ou seja, regras na forma SE-ENTÃO obtidas pela Árvore de Decisão e pelo Algoritmo Genético, respectivamente. A parte SE constituiu-se dos valores dos atributos predicados (características físico-químicas do solo) e a parte ENTÃO demonstrou o valor do atributo meta (índice de produtividade).

Somente regras com 100% de confiança na base de treinamento e de teste foram selecionadas, ou seja, somente regras onde todos os registros considerados possuíam valores de produtividade dentro do intervalo procurado.

**Tabela 04** - Regras para produtividade maior ou igual a 2 t/ha com 100% de confiança, obtidas por Árvore de Decisão.

Id	SE	E	E	E	E
1	Argila<19,815				
2	pH>=5,97	P>=38,265	Cu>=0,7476	Bo<0,1596	
3	pH>=5,97	P>=38,265	M.O.<19,705	Zn<1,221	
4	pH<5,97	V>=70,86	K<1,542	Zn>=1,221	Silte>=4,354
5	P>=38,265	Ctc<62,94	Zn<1,221	Bo>=0,1596	
6	P>=38,265	K>=1,542	Zn<1,221	Bo>=0,1596	
7	P>=38,265	K>=1,542	Zn>=1,221	Bo<0,1596	Areia>=80,725
8	Ctc>=62,94	Mn>=9,5045			

**Tabela 05** - Regras obtidas por Algoritmos Genéticos, com 100% de confiabilidade, para produtividade entre 2 t/ha e 5 t/ha.

Id	SE	E	E	E	E
1	V<=67,45	Areia<=82,7561	M.O.<=23,55		
2	V<=67,45	Fe>22,4995			
3	V<=67,45	Fe>23,1457			
4	K=1,275	8,26>=Silte>=3,28			
5	V<=67,45	23,55>=M.O.>=19,99	Fe>22,4995	pH=5,79	Silte<=8,26
6	Mg=13,85	Mn=2,9			
7	V<=67,45	8,11>=Silte>=5,039	pH=5,79		
8	Mg=13,85	8,11>=Silte>=5,039	Fe=24,55	Mn=2,9	

As duas tabelas apresentam regras para o índice de produtividade superior a 2 t/ha, uma vez que não existiam registros na base de dados com valor superior a 5 t/ha de produtividade.

A primeira coluna das tabelas constitui-se de um número que identifica cada regra. As demais colunas demonstram os atributos predicados com seus respectivos valores. O atributo meta de todas as regras é “*Produtividade*  $\geq 2$ ”. Assim, tomando-se como exemplo a linha da Tabela 04 cujo valor de “*Id*” é 1, tem-se a regra “Se *Argila*  $< 19,815$  então *Produtividade*  $\geq 2$ ”. Já na linha onde o valor de “*Id*” é 2, tem-se a regra “Se *pH*  $\geq 5,97$  e *P*  $\geq 38,265$  e *Cu*  $\geq 0,7476$  e *Bo*  $< 0,1596$  então *Produtividade*  $\geq 2$ ”.

A Tabela 05 tem o mesmo formato da Tabela 04. Assim, a regra obtida na primeira linha da Tabela 05 é “Se *V*  $\leq 67,45$  e *Areia*  $\leq 82,7561$  e *M.O.*  $\leq 23,55$  então *Produtividade*  $\geq 2$ ”.

As regras obtidas por Árvore de Decisão demonstraram sempre um determinado valor para uma característica, e usaram apenas os operadores  $<$  e  $\geq$ . Os Algoritmos Genéticos permitiram quatro diferentes operadores, além do uso de intervalos de valores, o que é importante quando se trata de dados contínuos.

O AG obteve dois resultados bastante semelhantes nas regras 2 e 3, sendo que, o que diferencia um do outro é o valor do atributo *Fe*, que na regra 2 apresenta um valor um pouco inferior ao da regra 3. Isso não seria possível com a Árvore de Decisão, uma vez que demonstra somente um determinado valor para o ponto de teste de cada atributo.

Dos atributos utilizados nas regras finais de um método, nem todos foram levados em consideração pelo outro método. O *Fe* e o *Mg* não aparecem nas regras da Tabela 04 e a *Argila*, *P*, *Cu*, *Bo*, *Zn* e *Ctc* não são observados na Tabela 05.

Observou-se que o Algoritmo Genético gerou regras concentrando-se em torno de certos atributos, variando valores, enquanto que a Árvore de Decisão combinou atributos. Essa última afirmação pode ser comprovada nas regras 2 e 3, assim como nas regras 6 e 7 da Tabela 04, onde os dois primeiros atributos são mantidos, mudando somente os demais. Isso ocorreu justamente pelo fato de que o AG evoluiu preservando os melhores elementos, ou seja, os atributos predicados que mais interferem no atributo meta.

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram concluir que, para o domínio estudado, o uso de Algoritmos Genéticos apresentou algumas vantagens em relação à Árvore de Decisão:

- O AG possibilitou utilizar vários operadores relacionais, enquanto que a AD fez uso somente de dois operadores ( $\geq$  e  $<$ ).
- O AG desenvolvido permitiu a geração de intervalos de valores para os atributos nas regras, valorizando a característica dos dados serem contínuos. Já a AD empregou um único valor para cada atributo, onde a regra gerada revelava se o atributo estava abaixo ou acima do valor estipulado.
- Não foi preciso realizar uma discretização prévia dos atributos envolvidos no estudo de caso para o AG, preservando seus valores originais, enquanto que na AD foi necessária a realização da fase de discretização.

#### 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHOU, P.A. Optimal partitioning for classification and regression trees. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, 13, p.340-354, 1991.
- CARVALHO, D.R., FREITAS, A.A. A hybrid decision tree/genetic algorithm for coping with the problem of small disjuncts in data mining. **Proc. 2000 Genetic and Evolutionary Computation Conf. (GECCO-2000)**, 1061-1068. Las Vegas, NV, USA. July 2000.
- FAYYAD, U.M., PIATETSKI-SHAPIRO, G., SMYTH, P. From data mining to knowledge discovery: an overview. In: **Advances in Knowledge Discovery and Data Mining**, 1996. Menlo Park: AAAI Press, 1996, p.11-34.
- FREITAS, A.A. Understanding the crucial differences between classification and discovery of association rules. A position paper. **SIGKDD Explorations**, v.2,n.1, p.65-69, 2000.
- GOLDBERG, D.E. **Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning**. New York: Addison-Wesley, 1989, 412p.
- HERRERA, F. **Tackling real-coded genetic algorithms: operators and tools for behavioral analysis**. 1996.
- KIM, K., HAN, I. Genetic algorithms approach to feature discretization in artificial neural networks for the prediction of stock price index. **Expert Systems with Applications**, 19, p.125-132, 2000.

LANGLEY, P. **Elements of machine learning**. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, 1996, 419p.

LOPES, C.H.P. **Classificação de registros em banco de dados por evolução de regras de associação utilizando algoritmos genéticos**. Rio de Janeiro, 1999. 136f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica/Sistemas de Computação) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

MOLIN, J.P., COUTO, H.T.Z., GIMENEZ, L.M., PAULETTI, V., MOLIN, R., VIEIRA, S.R. Regression and correlation analysis of grid soil data versus cell spatial data. In: THIRD EUROPEAN

CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 2001. **Anais...** Montpellier: Agro Montpellier, 2001, p.449-453.

QUINLAN, J.R. **C4.5: Programs for Machine Learning**. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, 1993.

ROMÃO, W., FREITAS, A.A.; PACHECO, R.S. Uma revisão de abordagens genético-difusas para descoberta de conhecimento em banco de dados. **Acta Scientiarum**, v.22, n.5, p.1347-1359, 2000.

STAFFORD, J.V. Implementing precision agriculture in the 21st century. **J. agric. Engng Res.** 2000, p.267-275, 2000.



## AVALIAÇÃO DE SOFTWARES PARA ANÁLISE DE PARÂMETROS DA PULVERIZAÇÃO REALIZADA SOBRE PAPÉIS HIDROSSENSÍVEIS<sup>1</sup>

Luiz Cláudio Garcia<sup>2</sup>, Hamilton H. Ramos<sup>3</sup>, Altair Justino<sup>4</sup>

Recebido para publicação em 18/02/2002

Aprovado para publicação em 28/03/2004

**RESUMO:** No processo de avaliação das pulverizações, além de uma amostragem adequada, é necessário que as análises dos resultados obtidos sejam precisas. Tais análises, entretanto, são, na mais das vezes, trabalhosas, razão pela qual softwares com esta finalidade têm sido desenvolvidos. Porém, os referidos softwares necessitam ser validados para que os resultados obtidos sejam realmente representativos. O presente trabalho teve por objetivo avaliar 2 softwares para análise de parâmetros da pulverização realizada sobre papéis hidrossensíveis. Para isso utilizaram-se bicos dimensionados para produção de gotas entre as classes muito fina a fina, fina a média, média a grossa e grossa a muito grossa. Distanciou-se a ponta do alvo em 40, 60 e 80 cm para obtenção de diferentes níveis de cobertura. Utilizou-se, também, um dispositivo para restringir a exposição do papel hidrossensível às gotas e facilitar a interpretação das informações colhidas. Foram realizados e avaliados 12 tratamentos, constituídos pela interação entre 4 bicos e 3 alturas do alvo, com 3 repetições. Os dados de densidade de gotas, área coberta pelas gotas, Diâmetro Mediano Numérico (DMN) e Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV), foram comparados entre resultados obtidos de forma convencional e através dos softwares. Os softwares apresentaram resultados distintos daqueles obtidos com análise visual para análise de parâmetros da pulverização realizada sobre papéis hidrossensíveis. São sugeridos ajustes para que eles possam ser utilizados com maior confiabilidade.

**Palavras-chave:** cobertura, DMN, DMV.

## EVALUATION OF SOFTWARE FOR ANALYSIS OF SPRAYING PARAMETERS CARRIED OVER WATER-SENSITIVE PAPERS

**ABSTRACT:** The sprayings evaluation, besides a sampling adjustment also needs a precise analysis of the results. However, it is cause time consumption, stimulating development of software to make this process. Related software need to be validated to generate representative results. The objective of present work was to evaluate two softwares for analysis of spraying parameters carried over

<sup>1</sup> Apoio financeiro da MÁQUINAS AGRÍCOLAS JACTO S.A.

<sup>2</sup> Mestrando em Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas – Universidade Estadual Paulista de Botucatu – Rua Senador Pinheiro Machado, 752, CEP: 84010-310, Ponta Grossa – PR, e-mail: luizclaudiogarcia@bol.com.br.

<sup>3</sup> Pesquisador Científico, Instituto Agrônômico – Centro de Engenharia Agrícola, Rod. D. Gabriel Paulino Bueno Couto, km 65, CP 26, CEP 13201-970, Jundiá – SP, e-mail: hramos@dea.iac.br, Fone: (11) 4582-8155.

<sup>4</sup> Prof. Dr., Departamento de Solos e Engenharia Agrícola – Universidade Estadual de Ponta Grossa – Praça Santos Andrade, s/n, CEP: 84010-790, Ponta Grossa – PR, e-mail: ajustino@uepg.br, Fone: (42) 220-3340.

*water-sensitive papers. The used nozzles were designed for drops production among the classes: very fine to fine; fine to medium; medium to thick and thick to very thick. The nozzles were moved away of the target in 40, 60 and 80 cm for attainment different levels of covering. A device was used to restrict the exposition of water-sensitive paper to the drops and also to facilitate the interpretation of the acquired data. Therefore, it was carried and evaluated 12 treatments, consisting of the interaction between 4 nozzles and 3 target heights, with 3 replications. Data of drops density, drops covered area, Numerical Medium Diameter (NMD) and Volumetric Medium Diameter (VMD), calculated by conventional form and through software were compared. Both softwares presented bad results when compared with visual analysis of spraying parameters over water-sensitive papers. Adjustments are suggested so they can be used with reliability.*

**Keywords:** coverage, NMD, VMD

## 1 INTRODUÇÃO

Tecnologia consiste na aplicação dos conhecimentos científicos a um determinado processo produtivo. Portanto, entende-se por tecnologia de aplicação de agrotóxicos o emprego de todos os conhecimentos científicos que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica, com o mínimo de contaminação de outras áreas (Matuo, 1987 e Ramos, 2000). Porém, apesar da utilização de agrotóxicos ter crescido geometricamente, movimentando em 2000, segundo o SINDAG (2001), US\$ 2,5 bilhões somente no Brasil, as técnicas de aplicação não diferem significativamente, hoje, daquelas praticadas há 100 anos e se caracterizam por um considerável desperdício de energia, recursos e produtos químicos (Matthews, 1999). Tal lentidão no avanço tecnológico pode ser atribuída à complexidade do processo, que é de natureza multidisciplinar, envolvendo conhecimentos nas áreas de biologia, comércio, ecologia, economia, engenharia (agronômica, agrícola e mecânica), física, medicina, meteorologia e química. Há, portanto, uma eminente necessidade de aperfeiçoar tais técnicas, já que se usadas erroneamente, podem baixar a eficácia da operação, aumentar a pressão de seleção sobre os organismos e contaminar o meio ambiente. Assim, mecanismos que possam quantificar e qualificar as variáveis envolvidas na pulverização, com rapidez e precisão, buscando agilizar o mencionado processo de desenvolvimento, são cada vez mais necessários.

No estudo da pulverização, parâmetros como área coberta, densidade, amplitude relativa e potencial de deriva e evaporação, podem ser avaliados. Para qualquer análise, entretanto, a primeira providência é coletar amostras das

gotas. Para tanto, deve-se ter uma superfície suscetível de ser marcada, seja através de formação de manchas, crateras ou outro fenômeno visível. Dentre as várias técnicas existentes para este fim, a utilização de papel hidrossensível é, hoje, a mais empregada, devido à sua praticidade (Ramos, 2000).

Atualmente, a informática pode ser considerada como mais um segmento incorporado à natureza multidisciplinar da pulverização, na busca da melhoria na qualidade das avaliações. Com ela busca-se obter rapidez, dinamismo e precisão nas avaliações dos dados obtidos no processo de pulverização; daí a importância do desenvolvimento de softwares para análise dos papéis hidrossensíveis, utilizados como amostradores. Entretanto, para que possam ser utilizados de forma científica e confiável a comparação de tais ferramentas com técnicas tradicionais de determinação, normalmente mais trabalhosas e demoradas, deve ser realizada buscando acurar os resultados obtidos. O presente trabalho teve por objetivo avaliar 2 softwares para análise de parâmetros da pulverização realizada sobre papéis hidrossensíveis.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Para análise dos softwares, adotaram-se as pontas indicadas pelo padrão de referência da Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO (1998), para produção de gotas muito finas a muito grossas, conforme demonstrado na Tabela 1. Todas as pontas selecionadas para utilização no ensaio foram previamente avaliadas com relação à uniformidade de vazão em relação ao proposto pela FAO (1998).

**Avaliação de softwares para análise de parâmetros da pulverização sobre papéis hidrossensíveis**

Como superfície de coleta das gotas, utilizou-se papel hidrossensível comercializado pela Spraying System Co.,

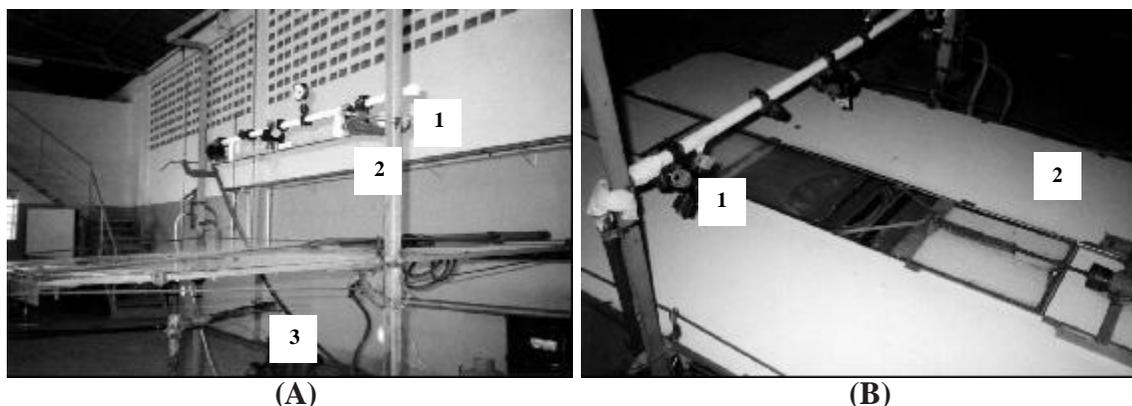
por ser acessível a agricultores e técnicos, padronizado e adequado para utilização com os softwares em estudo.

**Tabela 01** - Pontas de referência para definição das classes de pulverização (FAO, 1998).

Tipos de ponta	Vazão (L.min <sup>-1</sup> )	Pressão (bar)	Classes
110 leque plano	0,48	4,5	muito fina a fina
110 leque plano	1,20	3,0	fina a média
110 leque plano	1,96	2,0	média a grossa
80 leque plano	2,92	2,5	grossa a muito grossa

Para reduzir a densidade de gotas a atingir o alvo, facilitando a individualização das mesmas nas análises, utilizou-se um dispositivo (Figura 1) composto por 2 placas de acrílico: uma fixa, inferior, com uma abertura circular de 13,1 cm de raio e outra móvel, superior, com abertura retangular de 5,0 x 25,5 cm, impulsionada por um sistema pneumático. Para coleta das gotas, o papel hidrossensível foi posicionado 20 cm abaixo das placas e as pontas de

pulverização a 20, 40 e 60 cm acima das mesmas. Após o posicionamento, o circuito hidráulico foi ligado, acionando-se, com a uniformização da pulverização, o sistema pneumático para que a placa deslizasse sob o jato. Isso fez com que o tempo de exposição do papel fosse restrito ao momento de sobreposição das aberturas das placas, limitando o número de gotas a atingir a superfície de amostragem.



**Figura 01** - Vista lateral (A) e superior (B), do dispositivo utilizado na coleta das gotas em papéis hidrossensíveis, evidenciando os sistemas de fixação de barra (1), de placas (2) e de suporte do papel hidrossensível (3).

O sistema hidráulico foi composto por uma bomba centrífuga da marca KSB, acionada por motor elétrico

de 1 HP, e equipado por manômetro com escala de 0 a 700 kPa, previamente aferido, da marca WIKA.

**Tabela 02** - Pontas, vazão, pressão e distâncias do bico em relação ao alvo, utilizadas no ensaio de avaliação de softwares para análise de gotas (Jundiaí, 2001).

Tipos de ponta	Vazão (L.min <sup>-1</sup> )	Pressão (bar)	Distância entre bico e alvo
SF11001	0,50	4,5	40, 60 e 80 cm
SF11003	1,19	3,0	40, 60 e 80 cm
SF11006	1,96	2,0	40, 60 e 80 cm
SF8008	2,91	2,5	40, 60 e 80 cm

A pulverização foi realizada em 21 de agosto de 2001, das 8:10 às 9:30 horas, no laboratório de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos do Centro de Engenharia Agrícola – CEA do Instituto Agrônomo de Campinas - IAC, em Jundiaí – SP. Nesse período, a temperatura variou de 19 a 22 °C, com umidade relativa entre 72 e 65%, permanecendo dentro dos limites de variação aceitáveis pela FAO (1998), que são de 10 a 25 °C e acima de 50 % de umidade relativa.

Após a pulverização, os papéis hidrossensíveis foram coletados e digitalizados em “scanner” da marca Genius Color Page SP2X, com autocontraste, 24 bits de cor, resolução de 600 dpi e salvos em arquivos tipo bmp; conforme recomendações dos fabricantes dos softwares. A seguir, procedeu-se a análise, sem fator de espalhamento, dos papéis hidrossensíveis utilizando-se os softwares “conta-gotas” (Favero et al., 2001), criado pela Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, e “e-Sprinkle”, desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa e comercializado pela Ablevision, baseado no trabalho de Cruvinel et al. (1999).

A densidade de gotas foi avaliada de forma visual, utilizando-se as ferramentas presentes no aplicativo “Photo Impact SE”. Separou-se 1 cm<sup>2</sup> na borda superior esquerda da imagem digitalizada, que, após ser salva em arquivo a parte, foi analisada com o auxílio da ferramenta “Eraser Tool”. O mesmo arquivo foi examinado pelo “conta-gotas”, enquanto o “e-Sprinkle” fez a avaliação direta da imagem original na mesma área, já que não permitiu o processamento no arquivo criado para este fim.

Para determinação visual da área coberta pelas gotas adotou-se a rotina de análise no programa computacional “Idrisi for Windows / Version 2”, desenvolvida por Firveda et al. (2001), como padrão para confrontação com os resultados obtidos pelos softwares. Em um sistema de análise de imagens, cada cor corresponde a um limiar representado por um número. O filtro é definido por um número (limiar) que indica ao sistema quais cores correspondem a gotas e quais correspondem ao fundo. Sua determinação de forma incorreta, portanto, pode interferir significativamente nos resultados obtidos. No “Idrisi” as imagens foram analisadas na paleta de cores “Color Composite 256” e reclassificadas segundo os filtros: classe 1 (onde cores de 0 a 100 correspondiam a gotas e de 101 a 256 a fundo) e classe 2 (onde gotas e fundo correspondem às faixas de 0 a 90 e 91 a 256, respecti-

vamente). Tais filtros foram definidos comparando-se visualmente as imagens real e resultante. Foi necessária a utilização de mais de um filtro, em função das diferentes tonalidades de azul proporcionadas pelos diferentes tamanhos de gotas.

Nas avaliações, a seleção do filtro para as imagens durante a análise do software “e-Sprinkle” foi realizada automaticamente. Para o “conta-gotas” a mencionada seleção foi realizada de forma visual pelo avaliador. Uma vez selecionado, esse filtro foi utilizado para todas as avaliações com a mesma imagem.

Como padrão para determinação do tamanho de gotas, cada papel hidrossensível teve 500 de suas manchas medidas (totalizando 18.000), através de um microscópio OLYMPUS BH, utilizando objetiva de 4x e ocular de 20x, munida de retículo. Com as manchas ordenadas de forma crescente e corrigidas em função do aumento proporcionado pelo sistema óptico, calculou-se a porcentagem acumulada de número e volume por classe de tamanho. Os dados, assim obtidos, foram submetidos à análise de regressão pelo “Programa Computacional para Ajuste de Equações em Dados Experimentais” da CEPAGRI - UNICAMP, tendo-se utilizado as equações obtidas para estimativa do Diâmetro Mediano Numérico (DMN) e Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV).

Portanto foram realizados e avaliados 12 tratamentos, constituídos pela interação entre 4 classes de pulverização e 3 alturas do alvo, repetidos 3 vezes, totalizando 36 amostras.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante as análises, observaram-se possíveis alterações em ambos os softwares, que se realizadas, facilitariam ou ampliariam sua utilização. No “conta-gotas”, propõe-se incluir um sistema de seleção de filtragem automática. A afirmação se baseia no fato de que a referida seleção, realizada por diferentes usuários, pode acarretar significativas distorções nos resultados de uma mesma amostra. Aconselha-se, ainda, a substituição do que o software chama de “espectro de gotas”, por “r”, que é o coeficiente de dispersão, resultante da divisão do DMV pelo DMN. Além disso, poderiam ser incorporadas ao software várias informações que auxiliariam na análise dos resultados, tais como o diâmetro de 10 e 90% do volume acumulado, valor do Span<sup>5</sup>, maior e menor gota analisada, coeficiente

<sup>5</sup> (D90-D10)/DMV

de variação dos diâmetros e gráfico da média da distribuição de gotas da análise. No “e-Sprinkle”, o sistema de delimitação da área de análise deveria ser invertido. Deste modo, demarcar-se-ia, exclusivamente, a extensão indesejável, realizando a análise na área não selecionada, proporcionando dinamismo ao processo.

Pela avaliação da densidade de gotas, a variação dos resultados apresentados pelos softwares em relação à contagem visual no “Photo Impact” foi ampla (Tabela 3). No “conta-gotas”, o erro tendeu a ser inversamente proporcional ao tamanho de gotas, ou seja, quanto menor o diâmetro, maior o erro associado à análise. Com relação à concentração de gotas, quanto mais se aproximou a ponta do alvo, maior a densidade de gotas obtidas e, geralmente, maior o erro. No “e-Sprinkle”, o erro tendeu a aumentar com o tamanho de gotas e não apresentou uma relação lógica com a concentração de gotas.

Quando da análise dos resultados obtidos com a ponta SF11003 a 40 cm do alvo, observou-se que, com o mesmo filtro, o “conta-gotas” apresentou uma variação em relação à leitura visual, entre 14,33 e 212,70%, evidenciando a necessidade da incorporação de um sistema automático de seleção neste software, minimizando a possibilidade de erros introduzidos pelo usuário. Importante mencionar, também, que a área limitada como 1

cm<sup>2</sup>, quando da análise por esse mesmo software, apresentou como resultado uma leitura de superfície 3 vezes superior. Esta deformidade apresentada pode estar associada à resolução de obtenção na imagem, pois foram utilizadas imagens de 600 dpi e o software recomenda imagens com resolução de 300 dpi. Já para o “e-Sprinkle”, esse problema não foi observado, estando as áreas delimitadas e calculadas muito próximas.

No que se refere à área coberta pelas gotas em toda extensão do papel hidrossensível, outro importante parâmetro de avaliação da pulverização, as variações encontradas também foram bastante amplas, como se pode observar na Tabela 4.

Ambos os softwares mostraram diferenças, com relação ao padrão “Idrisi”, inversamente proporcionais ao tamanho das gotas; sendo esta variação inferior para o “conta-gotas”. O “e-Sprinkle” demonstrou diferenças elevadas, sendo que, neste caso, tais diferenças parecem estar relacionadas à seleção do filtro. Nota-se, na Tabela 4, que nas situações em que se optou pelo filtro “classe 2”, as variações dos resultados entre o “Idrisi” e o “e-Sprinkle” tenderam a ser sensivelmente menores em comparação com as variações obtidas quando da utilização da “classe 1”. Entretanto, nesses casos, a reclassificação segundo o filtro “classe 2” não proporcionou resultados condizentes com a amostra original.

**Tabela 03** - Variação do número de gotas.cm<sup>-2</sup> sobre papel hidrossensível, avaliado de forma visual e através de 2 softwares para análise de gotas (Jundiaí, 2001).

Ponta	Distância do Alvo (cm)	Repetição	Visual	conta-gotas		e-Sprinkle		Variação em relação à Visual (%)	
				nº gotas	filtro	nº gotas	filtro	conta-gotas	e-Sprinkle
SF11001	40	1	263	428	205	175	228	62,74	-33.46
		2	285	379	254	205	228	32,98	-28.07
		3	299	563	254	221	228	88,29	-26.09
		MÉDIA		282	457		200	61,34	29.21
	60	1	149	476	254	96	220	219,46	-35.57
		2	184	499	254	156	220	171,20	-15.22
		3	147	472	235	118	211	221,09	-19.73
		MÉDIA		160	482		123	203,92	23.51
	80	1	52	422	240	35	<sup>(1)</sup> 212	711,54	-32.69
		2	68	409	225	25	<sup>(1)</sup> 132	501,47	-63.24
		3	51	253	230	58	246	396,08	13.73
		MÉDIA		57	361		39	536,4	36.55
	MÉDIA		166	433		121	267,21	29.75	
SF11003	40	1	63	197	200	20	172	212,70	-68.25
		2	314	359	200	196	220	14,33	-37.58
		3	263	359	200	215	246	36,50	-18.25
		MÉDIA		213	305		144	87,84	41.36
	60	1	77	306	220	53	140	297,40	-31.17
		2	81	241	240	62	140	197,53	-23.46
		3	179	140	254	77	140	-21,79	-56.98
		MÉDIA		112	229		64	172,242	37.20
	80	1	103	219	235	123	237	112,62	19.42
		2	51	196	200	61	246	284,31	19.61
		3	95	315	235	43	140	231,58	-54.74
		MÉDIA		83	243		76	209,50	18.31
	MÉDIA		136	259		94	156,53	32.29	
SF11006	40	1	135	279	225	174	246	106,67	28.89
		2	113	262	225	100	237	131,86	-11.50
		3	163	261	200	156	237	60,12	-4.29
		MÉDIA		137	267		143	99,55	7.23
	60	1	43	256	245	157	246	495,35	265.12
		2	83	419	245	112	237	404,82	34.94
		3	121	427	225	32	140	252,89	-73.55
		MÉDIA		82	367		100	384,35	124.54
	80	1	129	180	254	81	140	39,53	-37.21
		2	103	324	254	53	140	214,56	-48.54
		3	71	113	254	36	140	59,15	-49.30
		MÉDIA		101	206		57	104,42	45.02
	MÉDIA		107	280		100	196,11	58.93	
SF8008	40	1	217	252	254	181	211	16,13	-16.59
		2	297	111	254	235	211	-62,63	-20.88
		3	177	268	254	177	211	51,41	0.00
		MÉDIA		230	210		198	43,39	12.49
	60	1	202	553	225	182	228	173,76	-9.90
		2	188	468	254	45	140	148,94	-76.06
		3	192	328	254	50	140	70,83	-73.96
		MÉDIA		194	450		92	131,18	53.31
	80	1	151	91	254	57	132	-39,74	-62.25
		2	163	154	254	58	140	-5,52	-64.42
		3	147	119	254	77	132	-19,05	-47.62
		MÉDIA		154	121		64	21,43	58.10
	MÉDIA		193	260		118	65,33	41.30	

<sup>(1)</sup> Calibração definida pelo usuário por falta da determinação da mesma pelo software.

Tabela 04 - Variação da porcentagem de área coberta pela pulverização sobre papel hidrossensível determinada pelo “Idrisi” em comparação com 2 softwares para análise de gotas (Jundiaí, 2001).

Ponta	Distância do Alvo (cm)	Repetição	Gota	Fundo	Seleção	Área Idrisi	Área conta-gotas	Área e-Sprinkle	Variação em relação ao Idrisi (%)	
									conta-gotas	e-Sprinkle
SF11001	40	1	44985	930255	classe 1 <sup>(1)</sup>	4,61	11,00	37,72	138,47	729,66
		2	48593	926647	classe 1	4,98	8,00	31,06	60,56	528,18
		3	58478	916762	classe 1	6,00	12,00	41,03	100,12	792,22
		MÉDIA				5,20	10,33	36,60	99,72	683,35
	60	1	98506	876734	classe 1	10,10	12,00	41,21	18,80	315,81
		2	97434	877806	classe 1	9,99	14,00	41,95	40,13	301,37
		3	113425	861825	classe 1	11,63	10,00	34,86	-14,02	188,90
		MÉDIA				10,57	12,00	39,35	24,32	268,69
	80	1	16647	958593	classe 1	1,71	4,00	15,24	134,33	150,15
		2	34172	941068	classe 1	3,50	5,00	12,16	42,70	-28,08
		3	44145	931095	classe 1	4,53	4,00	24,20	-11,63	453,44
		MÉDIA				3,25	4,33	17,20	62,89	210,56
	MÉDIA				6,34	8,89	31,05	62,31	387,54	
SF11003	40	1	19540	955700	classe 1	2,00	2,00	19,79	-0,18	21,78
		2	97756	877484	classe 1	10,02	8,00	52,53	-20,19	485,41
		3	17104	958136	classe 1	1,75	3,00	22,17	71,05	1319,18
		MÉDIA				4,59	4,33	31,50	30,47	608,79
	60	1	137416	837824	classe 2 <sup>(2)</sup>	14,09	11,00	16,97	-21,93	18,02
		2	161670	813570	classe 2	16,58	10,00	18,02	-39,68	7,01
		3	124159	851081	classe 2	12,73	5,00	15,05	-60,73	16,25
		MÉDIA				14,47	8,67	16,68	40,78	13,76
	80	1	45071	930169	classe 1	4,62	4,00	23,15	-13,45	466,26
		2	73671	901569	classe 1	7,55	7,00	24,61	-7,34	296,34
		3	75993	899247	classe 1	7,79	6,00	6,49	-23,00	-18,01
		MÉDIA				6,66	5,67	18,08	14,59	260,20
	MÉDIA				8,57	6,22	22,09	28,62	294,25	
SF11006	40	1	35804	939436	classe 1	3,67	5,00	34,12	36,19	685,55
		2	52290	922950	classe 1	5,36	6,00	25,75	11,90	389,21
		3	42078	933162	classe 1	4,31	5,00	25,68	15,88	518,82
		MÉDIA				4,45	5,33	28,52	21,33	531,19
	60	1	61235	914005	classe 1	6,28	5,00	25,13	-20,37	472,86
		2	56531	918709	classe 1	5,80	7,00	28,83	20,76	421,51
		3	79348	895892	classe 1	8,14	8,00	7,15	-1,67	-12,61
		MÉDIA				6,74	6,67	20,37	14,27	302,33
	80	1	205887	769353	classe 2	21,11	22,00	21,86	4,21	10,22
		2	132041	843199	classe 2	13,54	20,00	14,64	47,72	5,99
		3	181099	794141	classe 2	18,57	23,00	21,26	23,86	11,96
		MÉDIA				17,74	21,67	19,25	25,26	9,39
	MÉDIA				9,64	11,22	22,71	20,29	280,97	
SF8008	40	1	185694	789546	classe 1	19,04	9,00	46,02	-52,73	138,70
		2	122915	852325	classe 1	12,60	17,00	47,87	34,88	202,45
		3	161091	814149	classe 1	16,52	11,00	40,08	-33,41	141,13
		MÉDIA				16,05	12,33	44,66	40,34	160,76
	60	1	59941	915299	classe 1	6,15	6,00	42,12	-2,38	585,62
		2	116317	858923	classe 1	11,93	12,00	7,97	0,61	-34,50
		3	178469	796771	classe 1	18,30	13,00	13,55	-28,96	-27,16
		MÉDIA				12,12	10,33	21,21	10,65	215,76
	80	1	264000	711240	classe 2	27,07	26,00	28,58	-3,95	6,94
		2	145417	829823	classe 2	14,91	16,00	16,92	7,30	60,02
		3	258215	717025	classe 2	26,48	24,00	28,08	-9,36	-5,31
		MÉDIA				22,82	22,00	24,53	6,87	24,09
	MÉDIA				17,00	14,89	30,13	19,29	133,54	

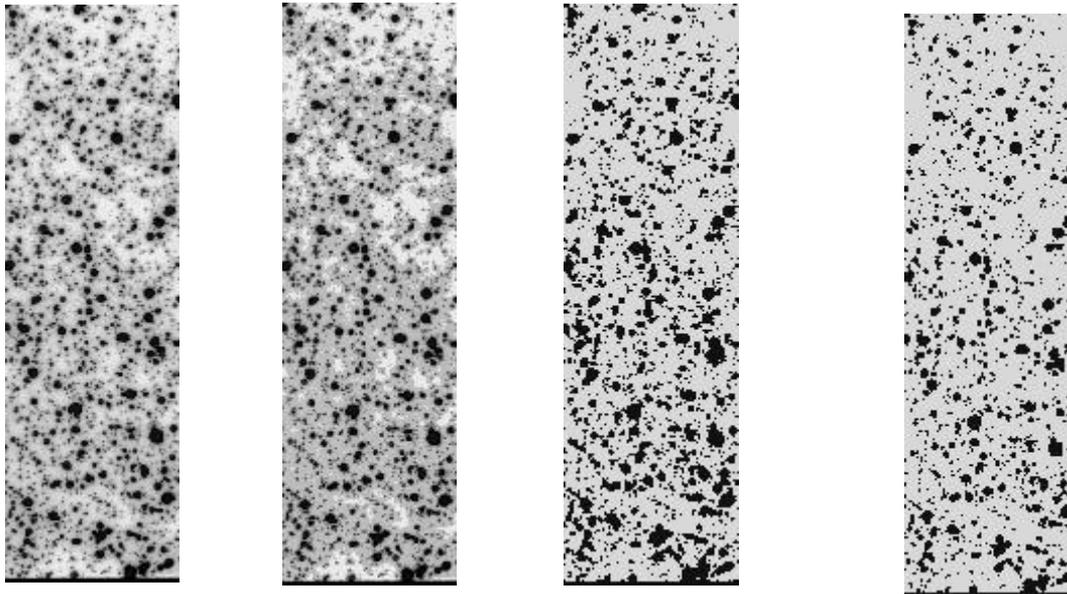
<sup>(1)</sup> Refere-se à seleção de 0 a 100 para gotas e 101 a 256 para o fundo, no “Idrisi”.

<sup>(2)</sup> Representa a seleção de 0 a 90 para gotas e 91 a 256 para o fundo, no “Idrisi”.

Parece simples a análise de imagens digitalizadas de papéis amarelos com manchas azuis, causadas pelas gotas, porém, com o auxílio do “Idrisi”, foi possível identificar aproximadamente 90 tonalidades de cores entre o amarelo e o azul nas referidas imagens. Para um exame de gotas cujo tamanho é da ordem de micra, a dificuldade se eleva. De uma maneira geral, gotas mais finas tendem a proporcionar uma coloração mais clara e homogênea, gotas médias são, em geral, escuras no centro com halos levemente mais claros, e gotas grandes possuem o centro escuro com halos acentuadamente mais claros. Isso faz com que, ao se analisar uma amostra na qual os diferentes tamanhos coexistem, a consideração da cor clara como gota potencialize a dimensão das gotas maiores; por outro lado, a consideração como fundo, elimina as gotas

menores da amostra. Tomando como exemplo o papel hidrossensível apresentado na Figura 2, os valores da área coberta pelas gotas submetidas à filtragem pela classe 1 e 2 variam em 46,26%. Tal fato evidencia a importância da correta seleção do filtro na precisão dos dados obtidos. Esse talvez seja o principal ponto a ser trabalhado na adequação de ambos os softwares à rotina de análise de gotas.

Considerando-se que o diâmetro da gota é a base para os cálculos de potencial de evaporação, deriva e classe de pulverização, a precisão na determinação desses é de suma importância. Entretanto, a elevada amplitude da desigualdade entre os resultados obtidos tornou-se a repetir, também, nessa determinação (Tabela 5).



**Figura 02** - Comparação visual da imagem digitalizada do papel hidrossensível obtido com a ponta SF 11003, a 60 cm do alvo, em segunda repetição, demonstrando a imagem original (A), convertida para o “Idrisi” e mostrada sob a paleta de cores “Color Composite 256” (B), reclassificadas pelos filtros classe 1 (C) e classe 2 (D) e apresentada sob a paleta de cores “Quantitative 16”.

**Tabela 05** - Variação dos resultados do Diâmetro Mediano Numérico (DMN) e Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV), obtidos através do microscópio ocular, em comparação com 2 softwares para análise de gotas (Jundiaí, 2001).

Ponta	Distância do Alvo (cm)	Repetição	DMN <sup>(1)</sup>		DMV		e-Sprinkle		Variação do DMN do microscópio (%)		Variação do DMV do microscópio (%)		
			Microscópio	Microscópio	conta-gotas	conta-gotas	DMN	DMV	conta-gotas	e-Sprinkle	conta-gotas	e-Sprinkle	
			DMN	DMV	DMN	DMV	DMN	DMV	DMN	DMV			
SF11001	40	1	105	193	128	256	169	339	21,39	60,91	32,77	76,09	
		2	113	182	128	256	169	296	12,67	49,35	40,12	62,27	
		3	104	210	128	256	169	381	22,83	62,81	21,71	81,42	
		MÉDIA		107	195	128	256	169	339	18,97	57,69	31,53	73,26
	60	1	145	389	128	299	212	508	-12,11	46,15	-23,19	30,59	
		2	135	489	128	284	212	550	-5,44	57,24	-41,84	12,47	
		3	134	331	128	284	169	339	-4,58	26,48	-13,95	2,57	
		MÉDIA		138	403	128	289	198	466	7,37	43,29	26,32	15,21
	80	1	145	219	95	221	127	212	-34,42	-12,52	1,23	-3,06	
		2	144	415	128	284	127	212	-11,67	-12,01	-31,40	-48,86	
		3	164	360	128	272	169	508	-22,08	3,28	-24,54	41,03	
		MÉDIA		151	331	117	259	141	311	22,72	9,27	19,06	30,99
	MÉDIA		132	310	124	268	169	372	16,35	36,75	25,64	39,82	
SF11003	40	1	99	203	128	256	127	212	28,45	27,95	25,99	4,50	
		2	104	283	128	284	212	466	22,09	103,00	0,37	64,46	
		3	98	168	128	221	148	254	30,58	51,58	31,99	51,42	
		MÉDIA		100	218	128	254	162	311	27,04	60,84	19,45	40,13
	60	1	169	827	128	798	169	508	-24,35	0,28	-3,48	-38,55	
		2	199	744	128	916	169	423	-36,09	-15,28	23,00	-43,18	
		3	158	599	128	916	169	402	-19,43	6,79	52,84	-32,89	
		MÉDIA		175	723	128	876	169	444	26,62	7,45	26,44	38,21
	80	1	130	650	128	338	169	783	-1,62	30,40	-48,00	20,38	
		2	155	758	128	838	169	804	-17,63	9,19	10,56	6,09	
		3	155	678	128	376	127	296	-17,55	-17,87	-44,55	-56,37	
		MÉDIA		146	696	128	517	155	628	12,27	19,15	34,37	27,61
	MÉDIA		141	546	128	549	162	461	21,98	29,15	26,75	35,32	
SF11006	40	1	99	492	128	239	169	381	28,94	70,91	-51,37	-22,61	
		2	113	452	128	272	169	381	12,54	49,17	-39,92	-15,78	
		3	111	435	128	272	169	296	15,12	52,60	-37,58	-32,03	
		MÉDIA		108	460	128	261	169	353	18,87	57,56	42,96	23,47
	60	1	152	594	128	333	169	677	-15,99	11,36	-43,90	14,06	
		2	110	556	128	299	169	635	15,78	53,47	-46,23	14,27	
		3	117	692	128	367	169	339	8,76	44,16	-46,99	-51,00	
		MÉDIA		126	614	128	333	169	550	13,51	36,33	45,71	26,44
	80	1	130	650	239	1126	169	508	84,39	30,17	73,05	-21,90	
		2	194	976	156	804	169	466	-19,28	-12,78	-17,57	-52,24	
		3	195	929	180	1010	169	550	-7,55	-13,30	8,73	-40,80	
		MÉDIA		173	852	192	980	169	508	37,08	28,12	33,12	38,31
	MÉDIA		136	642	149	525	169	470	23,15	40,67	40,59	29,41	
SF8008	40	1	123	576	156	596	169	466	27,48	37,75	3,47	-19,16	
		2	98	342	180	394	169	339	83,78	72,36	15,25	-0,84	
		3	94	244	156	426	169	381	66,83	80,27	74,71	56,26	
		MÉDIA		105	387	164	472	169	395	59,36	63,46	31,14	25,42
	60	1	95	259	128	272	169	508	34,04	77,67	4,89	96,05	
		2	111	570	128	284	127	339	14,68	14,23	-50,06	-40,48	
		3	119	901	128	367	127	423	6,94	6,52	-59,31	-53,06	
		MÉDIA		109	577	128	308	141	423	18,55	32,81	38,09	63,20
	80	1	141	1255	327	1201	169	635	132,17	20,06	-4,28	-49,40	
		2	146	966	180	945	169	508	23,34	15,67	-2,14	-47,39	
		3	136	1336	180	1216	169	677	32,68	24,43	-8,97	-49,32	
		MÉDIA		141	1185	229	1121	169	607	62,73	20,06	5,13	48,70
	MÉDIA		118	716	174	633	160	475	46,88	38,77	24,79	45,77	

<sup>(1)</sup> Todos os ajustes foram fundamentados em análise de regressão, com R<sup>2</sup> das curvas obtidas variando entre 0,96 e 0,99.

O “conta-gotas” demonstrou, via de regra, menores variações no DMN e DMV que o “e-Sprinkle”, mesmo assim, esta chegou a 132% para o DMN da ponta SF8008, a 80 cm do alvo em primeira repetição. Não se pode, de qualquer forma, fundamentar uma avaliação sobre qualidade da pulverização com dados variando em até 96,05%, como no caso do DMV obtido pelo “e-Sprinkle” para a ponta SF8008, a 60 cm do alvo em primeira repetição. Tais variações no tamanho, entretanto, parecem também estar ligadas ao filtro. Entre o azul intenso (alta cobertura) e o amarelo (sem cobertura), observa-se, nas bordas das gotas, uma gama de tonalidades de azul, conforme explicado anteriormente. As bordas podem ser aumentadas ou reduzidas, proporcionando variações nos diâmetros das mesmas. Como estas, normalmente, têm tamanhos bastante reduzidos, pequenas variações no diâmetro podem representar variações significativas no DMN e DMV.

As observações dos resultados obtidos para o DMN, para ambos os softwares, foram bastante anormais. Verifica-se que, enquanto para a avaliação visual os valores aumentam para um mesmo bico em função da altura, e tendem a serem uniformes para uma mesma altura com os diferentes bicos, há a tendência de uma homogeneização destes valores pela utilização dos softwares. Uma explicação lógica para esse fato não foi encontrada.

As análises executadas pelos softwares, para quantificar e qualificar o processo de pulverização, apresentaram resultados bem distintos, quando comparados aos métodos tradicionais de análise. Pode-se julgar como aceitável, principalmente em trabalhos científicos, uma variação máxima de  $\pm 10\%$  em relação aos sistemas tradicionais, fato esse raramente ocorrido em todos os cálculos apresentados neste trabalho. Recomenda-se aos desenvolvedores dos softwares ajustes, principalmente em relação aos filtros, para separar a cor do fundo do cartão (amarelo) da cor das gotas (azul), ponto crítico em todo o processo de análise.

## 4 CONCLUSÃO

Os softwares “conta-gotas” e “e-Sprinkle” apresentaram resultados distintos dos obtidos por acuidade visual para análise de parâmetros da pulverização realizada sobre papéis hidrossensíveis. São necessários ajustes para que eles possam ser utilizados com confiabilidade.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRUVINEL, P.E., VIEIRA, S.R., CRESTANA, S., MINATEL, E.R., MUCHERONI, M.L., TORRE NETO, A., Image processing in automated measurements of raindrop size and distribution. **Computers and Electronics in Agriculture**. Washington, v. 23, n.3, p. 205-217, 1999.

FAO. FAO technical standards: sprayer specifications and test procedures. In: **Agricultural Pesticide Sprayers**. Volume 2. Rome: FAO, 1988. p. 33-6.

FIRVEDA, M. C., CANTALOGO JR, A., RAMOS, H. H., LINO, A. C. L. Possibilidade de uso de software de análise de imagem na avaliação da cobertura vegetal pela pulverização. In: Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos: Eficiência, Economia e Preservação da Saúde Humana e do Ambiente, 2, 2001. Jundiaí. **Anais...** Disponível em: [http://www.iac.br/~cma/Sintag/num24a\\_1a.PDF](http://www.iac.br/~cma/Sintag/num24a_1a.PDF). Em 11/09/2001.

FAVERO, A.L.F., GARCIA, L.C., JUSTINO, A., CANTERI, M.G., ROCHA, J.C.F. Software para análise de cartões hidrossensíveis. **Revista Brasileira de Agrocomputação**. Ponta Grossa, v. 1, n. 1, 2001. p.45 (Resumo).

MATTHEWS, G. A. **Application of pesticides to crops**. London: Imperial College Press, 1999. p. vii a xi.

MATUO, T. Enfoque multidisciplinar da tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. In: Simpósio Brasileiro Sobre Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas, 1, 1987, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: UNESP, 1987. p.3-11.

RAMOS, H. H. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos. **Fitopatologia brasileira**. Fortaleza, v 25 (suplemento), n. 217-474, p. 275, 2000.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA DEFESA AGRÍCOLA (SINDAG). **Banco de dados**. Disponível em: <http://www.sindag.com.br/html/banco.php.3>. Em: 09/09/2001.



## IDENTIFICAÇÃO ELETRÔNICA DE ANIMAIS POR RÁDIO-FREQÜÊNCIA (RFID): PERSPECTIVAS DE USO NA PECUÁRIA DE CORTE

João Guilherme de C. F. Machado<sup>1</sup>, José Flávio Diniz Nantes<sup>2</sup>

Recebido para publicação em 19/03/2002

Aprovado para publicação 17/04/2004

**RESUMO:** Nos últimos anos tem aumentado a preocupação com as questões sanitárias e qualidade da produção na cadeia produtiva da carne bovina, principalmente no segmento produtivo e na indústria. Questões como rastreabilidade e certificação da propriedade e da produção têm feito com que pecuaristas busquem diferentes formas de identificação e registro do rebanho. Neste aspecto a identificação eletrônica de animais por rádio-frequência (RFID) tem se destacado na medida em que a tecnologia avança e os preços começam a reduzir. Podemos destacar a utilização deste sistema no gerenciamento de informações da produção, gerando dados confiáveis e seguros com agilidade, na diminuição de custos com mão-de-obra, na transmissão de informações entre propriedades rurais e/ou indústria. Algumas dificuldades ainda precisam ser transpostas, como distância de leitura e custos de implantação. Estudos precisam ser feitos nesta área, desenvolvendo novas aplicações para a RFID.

**Palavras-chave:** identificação eletrônica, tecnologia da informação, RFID

## ANIMAL IDENTIFICATION SYSTEM (RFID): PERSPECTIVES OF USE IN THE BEEF CATTLE-BREEDING

**ABSTRACT:** In the last years it has increased the concern with sanitary questions and quality of the production in the bovine meat productive chain, mainly in the productive path and in the industry. Questions as traceability and property and production certification have made with that cattlemen search different forms of flock's identification and registration. In this aspect the radio-frequency electronic animals identification (RFID) has detached as soon as the technology advances and the price starts to reduce. We can detach the use of this system in the production data management, creating trustworthy and safe data with agility, in the reduction of costs with man power, in the information's transmission between rural properties and/or industry. Some difficulties still need to be transposed, as reading pitch and implantation costs. Studies need to be made in this area, developing new applications for the RFID.

**Keywords:** electronic identification, information technology, RFID

<sup>1</sup> Zootecnista, Programa de Pós-Graduação em Eng. Produção - Universidade Federal de São Carlos. Rua Madre Saint Bernard, 855 - 13561-190 - São Carlos, SP. E-mail: joaoguilhermem@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Prof. Dr. do Depto. de Eng. de Produção - Universidade Federal de São Carlos. Rod. Washington Luís, km 235 - Cx. Postal 676 - 13565-905 - São Carlos, SP. E-mail: fnantes@power.ufscar.br

## 1 INTRODUÇÃO

A questão da qualidade sanitária da carne é fundamental para que o produtor nacional possa participar do mercado internacional (ABCZ, 1999). Por este motivo, a identificação segura dos animais e a obtenção das informações geradas durante a produção, além de facilitarem a gestão do empreendimento rural, permitem diferenciar o produto visando o mercado externo. O primeiro passo neste sentido é a identificação animal.

A necessidade da implementação de um sistema de identificação e registro (I & R) vem crescendo significativamente (Wismans, 1999). Segundo Lambooij et al. (1999) a importância da I & R funcional está relacionada aos aspectos econômicos da automação e ao bem-estar animal. O rastreamento das informações e a prevenção de doenças, podem ser melhorados com a introdução de um novo sistema funcional de I & R, procedimento também necessário a um sistema de controle de qualidade integrado.

Os sistemas de identificação tradicionalmente utilizados, como brincos, colares, tatuagens, ferro quente (a fogo ou elétrico) etc., resultam em uma identificação prática de cada animal do rebanho (Lopes, 1997). Todavia, esses sistemas apresentam dificuldade de visualização à distância, necessidade de contenção do animal, problemas na leitura devido a abrasão dos caracteres, sujeiras e erros de transcrição, além da possibilidade de duplicação de número, isto é, dois animais com a mesma identificação.

A identificação eletrônica do rebanho, comumente chamada de RFID (*Radiofrequency Identification Devices*) possui inúmeras vantagens no gerenciamento da propriedade. Este sistema é considerado muito superior à identificação visual com números. As principais vantagens são a eliminação dos custos de trabalho (Artmann, 1993) e redução da leitura incorreta, de 6% para 0,1% (Austin, 1995; Geers et al. 1997). Os três tipos de RFID mais conhecidos são os injetáveis subcutâneos, os brincos eletrônicos e o *bolus* (encapsulamento de cerâmica) intra-ruminal.

Este trabalho tem o objetivo de apresentar a tecnologia da RFID como alternativa para uma futura coordenação da cadeia produtiva da carne bovina, possibilitando a adoção da rastreabilidade na busca pela qualidade do produto.

## 2 IDENTIFICAÇÃO ANIMAL

De acordo com Wismans (1999), levando em consi-

deração os aspectos de garantia da qualidade, os requisitos para um sistema prático de I & R são:

- Assistência veterinária e zootécnica;
- Cruzamentos, incluindo-se os registros;
- Gestão da propriedade rural;
- Prêmios de pagamentos;
- Controle de hormônios e resíduos;
- Controle de qualidade da produção da carne, incluindo a etiquetagem da carne;
- Custo efetivo;
- Uso de normas internacionais;
- Uso integrado em todo o ciclo da pecuária de corte; e
- Controle de qualidade possível em todos os níveis.

Inúmeras técnicas de identificação animal vêm sendo adotadas pelos produtores. Segundo Jardim (1973) e Wismans (1999), as mais utilizadas na bovinocultura são: colar, brincos de plástico, etiquetas com código de barras, marcação à ferro quente no couro, marcação à ferro frio com tinta *spray* e placas de alumínio para identificação noturna, em estudos de comportamento animal.

O método de identificação utilizando colar foi a forma pioneira adotada para identificação animal (Curto, 1998). Recentemente, a tecnologia dos *transponders* transformou o simples colar em peça importante do gerenciamento informatizado da pecuária leiteira.

Os brincos de plástico surgiram como uma alternativa de baixo custo, além de serem bastante práticos e indolores, mas o índice de perdas de brincos pode chegar a 5 %, valor considerado alto para alguns e insignificantes para outros. Geralmente os casos mais comuns de perdas são por enroscos em cercas e arbustos ou durante uma disputa por comida ou fêmea.

Algumas propriedades estão adotando o código de barras como alternativa de identificação, devido a possibilidade de agregá-lo a um sistema informatizado de gerenciamento e controle da produção (Curto, 1998).

A marcação à ferro quente é a forma mais tradicional adotada pelos produtores, porém este sistema, além de danificar o couro permanentemente, desvalorizando seu preço no momento da comercialização, constitui-se num método doloroso para o animal. A marcação a frio surge como uma alternativa barata para o produtor identificar seu rebanho, porém possui o inconveniente da remarcação em determinadas situações, por se apagar com o tempo.

Pacheco (1995) relata que esses métodos tradicionais não são confiáveis devido às frequentes perdas de informações, representando um grande prejuízo finan-

ceiro. Com a identificação eletrônica elimina-se essa preocupação, existindo total segurança nas informações.

O sistema de identificação eletrônica dos animais é considerado por Lopes (1997) como o mais seguro sistema de identificação existente atualmente, ressaltando que tal método irá revolucionar o setor da pecuária, pela contribuição ao melhoramento genético.

O primeiro pré-requisito para o controle de produção e melhoramento de um rebanho é a identificação permanente de todos os animais. Os métodos de identificação devem atender, no mínimo, os seguintes requisitos:

- *Único*: cada número deve ser encontrado apenas uma vez no rebanho;
- *Permanente*: não deve correr riscos de perda;
- *Insubstituível*: ao receber uma identificação ao nascimento ou na aquisição do animal, este deve permanecer com o mesmo número até o momento do abate; e
- *Positivo*: a identificação dos animais não pode gerar dúvidas.

### 3 IDENTIFICAÇÃO ELETRÔNICA

De acordo com Artmann (1999), os sistemas de identificação eletrônica são a chave tecnológica para a automação de processos. Sua implementação é focada para o melhoramento da qualidade, economia e/ou impacto ambiental da produção animal. Além disso, estes sistemas também suprem os pré-requisitos para a documentação e organização do produto, neste caso o animal, estatísticas e mensurações, incluindo a documentação dessas estatísticas. Atestar as características do produto quanto a origem e criação também são perfeitamente possíveis.

#### 3.1. Breve histórico da RFID

No gerenciamento de propriedades rurais, na alimentação automática e no registro de dados, a identificação eletrônica tem sido utilizada desde os anos 70 (Erasmus & Rossing, 1994). Rossing (1976, 1978) relatou experimentos nos anos 70 com *transponders* eletrônicos utilizados na alimentação individual de vacas e no registro automático de dados. A primeira geração dos *transponders*, as 'caixas pretas' eletrônicas eram anexadas em colares colocados no pescoço dos animais. Mais tarde, com a ajuda da miniaturização da eletrônica, permitiu-se o desenvolvimento de *microchips* muito pequenos, que puderam ser injetados sob a pele (segunda geração dos *transponders*), além da redução dos custos (Erasmus &

Jansen, 1999; Rossing, 1999).

Com a integração dos *transponders* eletrônicos em um circuito integrado (CI, *chip*) ocorreu uma significativa redução no tamanho (Artmann, 1999; Erasmus & Jansen, 1999; Rossing, 1999). Adicionalmente aos colares, ainda amplamente utilizados, há os *transponders* que podem ser anexados a um brinco, fixado na orelha do animal. Outros tipos de *transponders* são depositados como um *bolus* no retículo/rúmen com a ajuda de uma sonda ou injetados com uma agulha oca sob a pele do animal (Artmann, 1999).

A terceira geração dos *transponders*, atualmente em desenvolvimento, inclui além disso, possibilidades de leitura/gravação, com a finalidade de se guardar o histórico sanitário do animal e a tecnologia dos sensores, para o monitoramento automático da saúde e performance do animal. Conforme Erasmus & Jansen (1999), essa terceira geração de avançados *microchips* também possibilita protocolos de autenticação para prevenir cópias fraudulentas dos códigos do *transponder*. A ISO (*International Organization for Standardization*) já está desenvolvendo uma norma para essa nova geração, que será compatível com as normas já existentes.

De acordo com Machado & Nantes (2000) existem alguns tipos de identificação eletrônicas no mercado. Um deles utiliza um *microchip* que possui informações gravadas em um tipo de memória chamada EEPROM (*Electrical Erasable Programmable Read-Only Memory*), que pode ou não ser regravada. Esses *microchips* são chamados de *transponder* de terceira geração. Um *transponder* pode ter encapsulamento de vidro biocompatível (próprio para implantação no animal) ou de plástico, que permite a fixação a um brinco, unindo as vantagens da identificação eletrônica às da identificação visual. Além disso, existe o *bolus*, que é depositado internamente no retículo/rúmen do animal.

Um outro método de identificação animal adotado na União Européia é a utilização de um novo brinco eletrônico (Clark, 1996). Os brincos eletrônicos, que incorporam um *transponder*, foram desenvolvidos para auxiliar a identificação eletrônica de animais. Diferente dos métodos magnéticos ou códigos de barras, esses brincos não exigem nenhuma linha direta da visão entre o brinco e a leitora e podem ser lidos através de um *display* digital até uma distância de aproximadamente um metro. A principal desvantagem desse método tem sido o custo dos brincos e equipamentos de leitura, provavelmente o maior obstáculo ao uso disseminado de brincos eletrônicos em unidades comerciais.

### 3.2. Descrição do sistema

Nos *transponders* passivos, o conjunto eletrônico consiste de somente duas das cinco partes que o compõem. As partes componentes deste sistema são:

- Antena de ativação (bobina);
- Ferrite, não presente nos brincos com bobinas em forma de espiral plana;
- Capacitor elétrico, o qual determina com a bobina, a frequência de ressonância (pode ser pré-integrada ao CI);
- *Transponder* eletrônico (CI);
- Capacitor de carga para estocagem de energia, somente necessário nos *transponders* com protocolo HDX.

Os *transponders* básicos são formados de uma bobina de ativação, CI e uma cápsula. O plástico é utilizado como material de encapsulamento para os brincos e o vidro para os implantáveis. O *bolus* é revestido por uma camada de cerâmica e contém um *transponder* semelhante ao implantável. A forma e o peso do *bolus* devem ser projetados para que permaneça no interior do retículo/rúmen do animal (Artmann, 1999).

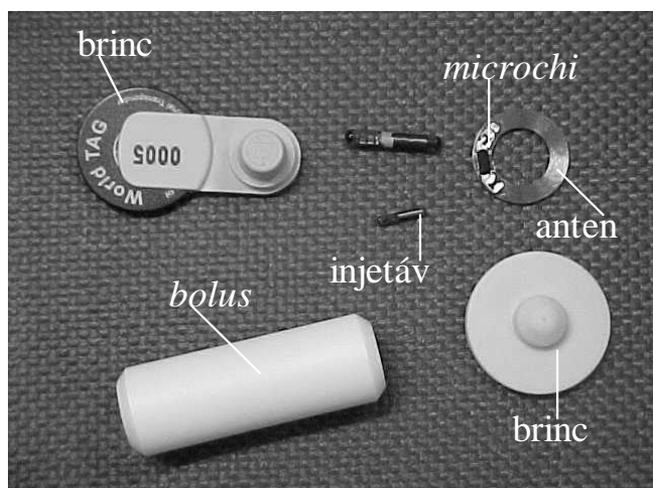


Figura 1 - Tipos de *transponders*.

Com o propósito de padronizar códigos e técnicas de interrogação, a ISO preparou, em 1996, duas normas: a ISO 11784, para a estrutura de código de 64-bit e a ISO 11785, para o protocolo de interrogação combinado FDX/HDX, trabalhando em 134,2 kHz (Eradus, 1993, 1998; Eradus & Rossing, 1994). Dessa forma, a ISO definiu um padrão mundial tolerante para os projetos de identificação eletrônica, assegurando a compatibilidade entre

os sistemas de diferentes fabricantes e fazendo o possível para introduzir um sistema de identificação para todos os animais de criação, ou seja, bovinos, suínos, caprinos e ovinos (Rossing, 1999).

Segundo Artmann (1999) e Kampers et al. (1999), o funcionamento de um sistema de identificação eletrônica é baseado no aparelho de leitura, criando um campo eletromagnético (chamado de campo de ativação) que é utilizado pelo *transponder* para gerar sua própria voltagem de operação e, em alguns sistemas, para produzir o tempo interno como uma fração da ativação da frequência. A reação do *transponder* é diferente para os dois tipos: *half-duplex* (HDX) e *full-duplex* (FDX). Quando o campo de ativação cessa, um *transponder* HDX gera seu próprio portador e transmite a informação por uma modulação de frequência alterada. Um *transponder* FDX transmite sua informação durante o tempo de ativação pela modulação da amplitude do campo magnético em um modo específico. As principais diferenças entre os protocolos são a voltagem de operação, o tipo de modulação, o código de informação e o tempo de transmissão dessa informação.

As informações contidas no *transponder* podem ser lidas através de um dispositivo leitor, fixo ou portátil, dotado de um *display* de cristal líquido e/ou ligado a um computador. A grande vantagem desse sistema é que, por não precisar de fonte de alimentação (*transponder* passivo), possui dimensões pequenas e pode ser implantado ou depositado dentro do animal. O fato de transmitir suas informações via rádio-frequência, faz com que o *transponder* não necessite de uma linha direta de visão com o leitor, podendo inclusive estar coberto de sujeira, no caso de brincos ou implantado sob a pele do animal (Machado & Nantes, 2000).

### 3.2. Principais benefícios e dificuldades dos sistemas RFID

De acordo com Kindtworth (1998), citado em Eradus & Jansen (1999), seriam possíveis leituras livres de erros a uma distância de 0,4 m, enquanto o animal se movimenta com velocidade de 3 m/s. Com estes modernos *transponders* a leitura alcançaria 0,8 m com uma velocidade do animal em torno de 4 m/s, desde que cumpridas as exigências desenvolvidas em 1995 pelo ICAR (*International Committee for Animal Recording*) para distância e velocidade de leitura (Geers et al., 1997).

Conforme Artmann (1999) e Klindtworth et al. (1999), a distância de leitura é influenciada, principalmente pelo tipo e tamanho do *transponder*, incluindo a antena

(formato e núcleo), a orientação do *transponder* em relação à antena do aparelho leitor, o campo de força eletromagnética do leitor e por possíveis interferências causadas por outros aparelhos que utilizam a radio-frequência.

Além disso, a implementação da RFID trouxe outros tipos de problemas, que incluem a biocompatibilidade do encapsulamento, o local de aplicação ligado ao problema da migração, a recuperação dos *transponders* nos abatedouros e frigoríficos e a livre comercialização, que necessita de padronização e gerenciamento efetivo, próprio de remessas únicas dos números vitalícios, ou seja, garantir que cada animal no mundo tenha um número único (Eradus & Jansen, 1999; Klindtworth et al., 1999).

A identificação eletrônica dos animais permite interligar outras ferramentas práticas de manejo ao sistema, como as balanças eletrônicas. Neste caso, os animais que passam no brete são automaticamente identificados, pesados e contados, sem necessidade de auxílio externo. Com isso são eliminados os erros de identificação, pesagem e contagem, assim como erros nas anotações normalmente feitas no brete (Pacheco, 1995; Lopes, 1997).

Os brincos com códigos de barras são utilizados para evitar problemas na coleta de dados. São mais compatíveis com a nossa realidade, simples e mais baratos que o *microchip* ou *transponder* (Ajimastro Jr. & Paz, 1998). Todavia, estes brincos, por estarem disponíveis apenas com tecnologia importada, possuem um alto custo.

Atualmente, encontra-se em desenvolvimento no mercado nacional, um sistema de RFID utilizando *transponders* e um aparelho de leitura e gravação, que permitem o armazenamento de inúmeras informações relevantes ao manejo da produção e a rastreabilidade ao longo da cadeia. Esse sistema deve chegar ao mercado a preços acessíveis a grande parte dos produtores (Machado & Nantes, 2000).

Existe a perspectiva que a utilização de brincos e *transponders* se torne o mais importante método de identificação nos programas nacionais de identificação dos animais, podendo ser utilizados no gerenciamento das propriedades rurais (Wismans, 1999).

Do ponto de vista de retorno do investimento, o sistema de RFID parece ser uma boa solução. É esperado que o custo total de registro por animal em uma base de dados diminua em torno de 50% quando usada a RFID combinada com uma base central de dados (Wismans, 1994).

Outras importantes aplicações viabilizadas pelos

*transponders* eletrônicos injetáveis são as melhorias no controle e erradicação de doenças e no controle de fraudes. Essa recente aplicação é muito importante dentro da União Européia, que premia os produtores interessados na produção extensiva de gado. A União Européia está caminhando para erradicar algumas doenças contagiosas por meio de vacinação (Eradus & Jansen, 1999).

Geers et al. (1997) afirmam que no caso do surgimento de novos focos de doenças, a RFID torna-se muito importante na rastreabilidade dos movimentos e dos contatos entre os animais, impedindo a disseminação dessas doenças contagiosas.

#### 4 PRINCIPAIS APLICAÇÕES DA IDENTIFICAÇÃO POR RFID

O sistema de identificação eletrônica por RFID permite a obtenção de informações sobre a rastreabilidade, a qualidade da matéria-prima a ser industrializada e sobre a segurança alimentar

Segundo Nascimento (1999) a próxima revolução na pecuária nacional virá com o desenvolvimento e a implantação da tecnologia de rastreamento. Rastrear significa identificar o histórico de origem do animal, a região em que foi produzido, a fazenda, o regime de criação, os alimentos ingeridos, a idade de abate e o sexo (Abcz, 1999).

De acordo com Favaret Filho & Paula (1997), a rastreabilidade é a base para a difusão da preocupação com a qualidade ao longo da cadeia. A associação entre as exigências dos consumidores e a produção dentro das propriedades rurais exige a tipificação de carcaças, ou seja, a definição de um sistema de classificação capaz de enquadrar cada animal em categorias definidas por critérios técnicos, como cobertura de gordura, idade e sexo do animal, peso ao abate e conformação de carcaça. A tipificação poderá funcionar como elemento de harmonização da linguagem entre os elos da cadeia, constituindo a base para a 'conversão' das demandas do consumidor final em orientações para os pecuaristas.

A necessidade de um sistema de produção de qualidade controlada e de novas técnicas tem estimulado e irá possibilitar o melhoramento dos atuais sistemas de I & R. Os regulamentos governamentais têm prescrito cada vez mais em detalhes as condições para um sistema de I & R que possa garantir produtos seguros e saudáveis para os consumidores (Hobo, 1998).

Um sistema de I & R individual e seguro, permitirá à União Européia implementar a política formulada para

estabelecer o mercado comum (Lambooij et al., 1999). Existem necessidades nas seguintes áreas: (i) saúde animal, quanto ao controle de doenças, (ii) saúde pública, especialmente para o controle de resíduos nas carcaças, e (iii) bem-estar animal durante o transporte. Requisitos importantes para um sistema de identificação seguro são (i) identificação individual, (ii) registro de movimentação e (iii) base central de dados (Sybesma, 1991).

A identificação dos animais utilizando o sistema RFID, somente fará sentido quando infraestruturas tecnológicas de informações estiverem disponíveis. Seja qual for o nível das aplicações (casa, prática veterinária, zoológico, fazenda ou abatedouro) uma base de dados deverá ser mantida, no qual o código de identificação do animal é associado às informações de determinado animal. No caso do transporte de animais, leitores fixos na entrada do caminhão podem registrar qual animal foi embarcado. O mesmo leitor pode monitorar o desembarque. Toda essa informação pode ser transferida para a organização correta, por meio da troca eletrônica de informações (EDI). Dessa maneira, a fatura poderá ser emitida automaticamente (Kampers et al., 1999).

Neste aspecto, a identificação eletrônica dos animais torna-se uma poderosa ferramenta, ao interligar as várias etapas da cadeia produtiva: a produção, a industrialização e a comercialização da carne (Machado & Nantes, 2000). O consumidor poderá comprar a carne conhecendo a origem do animal (propriedade, raça, idade e sexo), o tipo de criação (extensiva, semi ou confinado), a dieta utilizada (pasto, ração ou ambos), o tipo do produto (resfriado, congelado, com osso ou sem osso), o nome do corte (filé, contrafilé etc.) e o estabelecimento de abate (SIF, endereço e localização).

Segundo Machado & Nantes (2000), o *transponder* existente no brinco guarda informações durante toda a vida do animal. No momento do abate essas informações podem ser transferidas para uma etiqueta eletrônica ou etiqueta de código de barras do próprio frigorífico, que irá acompanhar cada corte ou peça a ser comercializada. Essas etiquetas são invioláveis e podem ser consultadas pelos comerciantes e consumidores.

Desta forma, os animais poderão ser rastreados individualmente. No surgimento de novos focos de uma doença infecciosa, causada pela migração de animais da propriedade afetada e/ou para ela, os focos são conhecidos e medidas seletivas podem ser tomadas para prevenir a propagação da doença, ao invés de sacrificar todos os animais de uma certa região. Se resíduos de substâncias proibidas forem achadas nas carcaças dos

animais, o problema poderá ser rastreado pela investigação do histórico do proprietário (Kampers et al., 1999).

Beloto (1998) afirma que a eficiência da rastreabilidade depende do desenvolvimento de sistemas de gestão da produção como um todo e de um sistema de identificação animal individual e intransferível, funcionando como um passaporte do animal.

Até recentemente, os requerimentos para um sistema de I & R foram baseados na vida dos animais. O fato dos consumidores exigirem garantias na compra de produtos seguros, fez com que a indústria de processamento de carnes também estabelecesse requerimentos para o sistema de I & R. Este procedimento ainda é muito recente e são necessárias pesquisas e experiências práticas para complementar o sistema. A questão é definir o que é necessário para garantir que cada pedaço de carne possa ser rastreado de volta, ou seja, às origens do animal (Wismans, 1999).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da rastreabilidade numa propriedade rural depende dos recursos disponíveis. A identificação por meio de *microchip* e brincos parece ser a forma mais viável, pois o primeiro dispositivo pode ser reaproveitável. A adoção desta tecnologia pode desencadear uma transformação significativa no setor pecuário: a diferença entre o pecuarista que produz para exportação, cujo mercado é mais exigente, e aquele que atende o mercado interno (Abcz, 1999).

O sistema de identificação eletrônica de animais permite a gravação de dados no *transponder* (no caso da terceira geração), criando um banco de dados individual. Também pode associar dados à arquivos de computador (segunda geração), representando uma poderosa ferramenta para uso na rastreabilidade de informações e armazenamento de dados da produção. Estas informações poderão ser transmitidas à indústria, que por sua vez pode acrescentar dados de produtividade e retorná-los aos pecuaristas. Esta troca de informações leva a uma busca constante pela qualidade total em todos os segmentos da cadeia produtiva.

Outra característica deste sistema que merece ser destacada, refere-se ao reaproveitamento dos *transponders*, que faz com que os custos de investimento desta nova tecnologia sejam diluídos ao longo de 5 a 10 ciclos de criação.

Porém, para que um sistema de rastreabilidade seja eficiente, há a necessidade de se manter um banco de dados nacional, controlando a identificação e registro dos animais. De acordo com as normas da ISO, cada país deve manter seu próprio banco de dados próprio, mas enquanto isso não ocorre, cada fabricante pode manter um banco de dados, desde que seja devidamente registrado no ICAR, obtendo assim, um número que identifique este fabricante. Este procedimento aumenta a possibilidade do rastreamento de todos os passos dos animais durante a produção e abate.

Segundo Favaret Filho & Paula (1997), a descoordenação da cadeia da carne bovina tem como um de seus principais efeitos a falta de rastreabilidade dos produtos. Isso significa que o consumidor não consegue estabelecer ligações entre o produto que adquire e o fornecedor. Os frigoríficos, em sua maioria, trabalham sem marcas, os açougues não podem assegurar a procedência da carne e os produtores entregam animais com diferentes características. Por este motivo, a diferenciação de produtos é limitada e fica quase inteiramente nas mãos dos varejistas, que a implementam através da manipulação dos vários tipos de cortes.

Com isso, as empresas que comercializam a carne, ou seus cortes, podem trabalhar o *marketing* destes produtos, desenvolvendo marcas e apresentando selos de qualidade, garantindo os mercados existentes e conquistando novos mercados. Há a necessidade de se formar uma consciência nos segmentos de produção e indústria, que valorize os investimentos em tecnologia e respeite as constantes mudanças nos hábitos alimentares.

Embora a identificação eletrônica ainda esteja dando seus primeiros passos, as pesquisas relativas à implementação deste sistema vêm experimentando significativos avanços recentemente. Isto se deve a dois principais motivos: a crise internacional no mercado da carne bovina e a disposição dos centros de pesquisa em avaliar a relação custo-benefício deste sistema. Todavia, para que a rastreabilidade das informações se torne uma realidade, será necessário o apoio de todos os segmentos da cadeia produtiva da carne bovina.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCZ. Mercado internacional vai comprar somente bovinos de origem conhecida. **Informativo ABCZ**. In: www.abcz.org.br, n.147. julho/agosto de 1999.

AJIMASTRO JR., C., PAZ, M. E. da. Identificação Eletrônica. In: 3º. CONGRESSO BRASILEIRO DAS RAÇAS ZEBUÍNAS –

AINTEGRAÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA. **Anais...** Uberaba, MG. ABCZ, 1998. p.167-9.

ARTMANN, R. Requirements for control systems in automated dairy farm. **Proceedings of the XXV CIOSTA-CIGR V Congress**. Wageningen, 10-13 de maio de 1993, p.295-306.

ARTMANN, R. Electronic identification systems: states of the art and their further development. **Computers and Electronics in Agriculture**, 1999, v.24, n.1-2, p.5-26.

AUSTIN, R. Fine for beasts, but what about staff? **Farmers Weekly**, 10 de fevereiro de 1995, p. 45.

BELOTO, P.B. Tipificação e rastreabilidade de carcaças. In: 3º. CONGRESSO BRASILEIRO DAS RAÇAS ZEBUÍNAS – A INTEGRAÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA. **Anais...** Uberaba, MG. ABCZ, 1998. p.170-87.

CLARK, J.J. Livestock recording systems incorporating electronic identification methods. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 6, 1996, Cancun. **Anais...** Cancun: ASAE, 1996. p.428-33.

CURTO, F.P.F. **Desenvolvimento de um sistema de identificação eletrônica para auxílio no gerenciamento de informações na área de produção animal**. Campinas, 1998. 101p. Dissertação (Mestrado em Informática) - Pontifícia Universidade Católica de Campinas.

ERADUS, W.J. The development of standards for automatic animal identification. **Proceedings of the XXV CIOSTA-CIGR V Congress**. Wageningen, 10-13 de maio de 1993, p.307-11.

ERADUS, W.J. Development of electronic animal identification in Europe. **Proceedings of the TAG Europe 98 Congress**. Antwerp, 24-26 de junho de 1998.

ERADUS, W.J., JANSEN, M.B. Animal identification and monitoring. **Computers and Electronics in Agriculture**, 1999, v.24, n.1-2, p.91-8.

ERADUS, W.J., ROSSING, W. Animal identification, key to farm automation. **Computers in Agriculture: Proceedings of the 5th International Conference of the ASAE**. Orlando, FL, USA. 1994. p.189-93.

FAVERET FILHO, P., PAULA, S.R.L. de. Cadeia da carne bovina: O novo ambiente competitivo. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro: BNDES, n.6, setembro de 1997. p.97-116.

FRANCO, M. Rastreabilidade. **DBO Rural**, São Paulo, n.223, maio de 1999. p.80-92.

GEERS, R., PUERS, B., GOEDSEELS, V., WOUTERS, P. Electronics identification, monitoring and tracking of animals. **CAB International**, Wallingford, 1997.

HOBO, J. The necessity for identification and registration of bovine animals from birth to consumer. **Performance Recording of Animals: States of the Art**. EAAP Publication, 1998, n.91, p.53-58.

- JARDIM, V.R. Curso de bovinocultura. **Instituto Campineiro de Ensino Agrícola**. Campinas, SP. 1973. 4ed. 81p.
- KAMPERS, F.W.H., ROSSING, W., ERADUS, W.J. The ISO standard for radiofrequency identification of animals. **Computers and Eletronics in Agriculture**, 1999, v.24, n.1-2, p.27-43.
- KLINDTWORTH, M., WENDL, G., KLINDTWORTH, K., PIRKELMANN, H. Eletronic identification of cattle with injectable transponders. **Computers and Eletronics in Agriculture**, 1999, v.24, n.1-2, p.65-79.
- LAMBOOIJ, E., VAN'T KLOOSTER, C.E., ROSSING, W., SMITS, A.C., PIETERSE, C. Eletronic identification with passive transponders in veal calves. **Computers and Eletronics in Agriculture**, 1999, v.24, n.1-2, p.81-90.
- LOPES, M.A. **Informática Aplicada à Bovinocultura**. Jaboticabal, FUNEP, 1997. 82 p.
- MACHADO, J.G. de C.F., NANTES, J.F.D. Identificação eletrônica e rastreabilidade de informações no pagamento da carne bovina pela qualidade. In: CONGRESSO E MOSTRA DE AGROINFORMÁTICA, 18 a 20 de outubro de 2000, **Anais...** Ponta Grossa, PR.
- MACHADO, J.G. de C.F., NANTES, J.F.D. Utilização da identificação eletrônica de animais e da rastreabilidade na gestão da produção da carne bovina. **Revista Brasileira de Agroinformática**, 1999, v.2, n.3.
- NASCIMENTO, P.C. Bem passado por favor... **Jornal da Unicamp**, Universidade Estadual de Campinas, dezembro de 1999. p.6.
- PACHECO, F. E o boi entra na era dos chips. **A Granja**, Porto Alegre, março de 1995. p.42-3.
- ROSSING, W. Cow identification for individual feeding in or outside the milking parlor. **Proceedings of the Symposium on Animal Identification Systems and their Applications**. Wageningen, 1976.
- ROSSING, W. Automatic data recording for dairy herd management. **Proceedings of the International Milking Machine Symposium**. Louisville, 1978.
- ROSSING, W. Animal identification: introduction and history. **Computers and Eletronics in Agriculture**, 1999, v.24, n.1-2, p.1-4.
- SYBESMA, W. Summary and conclusions. In: Lambooij, E. (Ed.), **Automatic Eletronic Identification Systems for Farm Animals**. Report CEC Series: Agriculture, n. eur.13198. Brussels, 1991, p.127-31.
- WISMANS, W. The importance of a closed I&R system for cattle and a central database in the Netherlands. **Proceedings of The Nacional Livestock Identification Symposium**. Livestock Consevation Institute, Bowling Green, 1994, p.52-63.
- WISMANS, W. Identification and registration of animals in the European Union. **Computers and Eletronics in Agriculture**, 1999, v.24, n.1-2, p.99-108.

# REDES NEURAIIS ARTIFICIAIS E AGRICULTURA DE PRECISÃO PARA RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO DA CULTURA DA GOIABEIRA <sup>1</sup>

Silvia Helena Modenese Gorla da Silva<sup>2</sup>, André Carlos Ponce de Leon Ferreira de Carvalho<sup>3</sup>, Roseli Aparecida Francelin Romero<sup>4</sup>, Paulo Estevão Cruvinel<sup>5</sup>, William Natale<sup>6</sup>

Recebido para publicação em 09/04/2002

Aprovado para publicação em 28/03/2004

**RESUMO:** *Este trabalho investiga o uso de Redes Neurais Artificiais como ferramenta de suporte para a determinação das necessidades de adubação da cultura da goiabeira utilizando agricultura de precisão. O método foi aplicado para o estudo do elemento químico fósforo.*

**Palavras-chave:** *redes neurais, adubação, séries temporais, agricultura de precisão, goiabeira*

## ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS AND PRECISION FARMING FOR GUAVA TREE FERTILIZATION

**ABSTRACT:** *This work investigates the use of Artificial Neural Networks as a support tool for the determination of the guava tree culture fertilization needs using precision farming. The method was applied to the study of the chemical element phosphor.*

**Keywords:** *neural networks, fertilization, time series, precision farming, guava tree*

### 1 INTRODUÇÃO

No processo de adubação, nutrientes são utilizados para corrigir necessidades associadas à escassez do solo e à exigência da cultura. Na adubação clássica, essas necessidades são definidas estatisticamente para todo o terreno, não levando em conta a variação normalmente existente em diferentes áreas de um mesmo terreno. O atendimento

às necessidades de diferentes áreas do terreno é o principal objetivo da agricultura de precisão. Adicionalmente, as necessidades podem ser alteradas com o passar do tempo, de forma que não somente a variabilidade espacial, mas também, temporal devem ser observados.

Quando estas variações, espacial e temporal, não são levadas em consideração, a reposição de nutrientes é

<sup>1</sup>Parte da Dissertação de mestrado da 1ª autora intitulada: Algoritmo para Recomendação de Nutrientes em Campos Agrícolas Baseado em Técnicas do Processamento de Sinais e Imagens

<sup>2</sup>Doutoranda, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Departamento de Computação e Estatística, USP – São Carlos/SP – Brasil, [silviah@icmc.sc.usp.br](mailto:silviah@icmc.sc.usp.br)

<sup>3</sup>Professor associado, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Departamento de Computação e Estatística, USP – São Carlos/SP – Brasil, [andre@icmc.sc.usp.br](mailto:andre@icmc.sc.usp.br)

<sup>4</sup> Professora associada, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Departamento de Computação e Estatística, USP – São Carlos/SP – Brasil, [rafrance@icmc.sc.usp.br](mailto:rafrance@icmc.sc.usp.br)

<sup>5</sup> Pesquisador, Embrapa/CNPDI – São Carlos/SP – Brasil, [cruvinel@cnpdia.embrapa.br](mailto:cruvinel@cnpdia.embrapa.br)

<sup>6</sup> Professor adjunto, Departamento de Solo e Adubos, FCAV/UNESP - Jaboticabal/SP – Brasil, [natale@fcav.unesp.br](mailto:natale@fcav.unesp.br)

feita segundo um único nível de nutrientes, ou seja, a aplicação é feita homogeneamente, utilizando uma única fórmula de adubo ou quantidade para um nutriente.

O principal objetivo este trabalho é a utilização de Redes Neurais Artificiais (RNAs) para a recomendação de adubação correta de fósforo para a cultura da goiabeira. RNAs são utilizadas para analisar a variabilidade temporal, conforme investigado em Modenese (1998). Esta análise tem por objetivo permitir uma reposição de nutrientes levando em consideração a variabilidade espacial e temporal presente em campos agriculturáveis. A justificativa para a utilização desta técnica está no bom desempenho apresentado por ela em problemas semelhantes.

Devido à pequena quantidade de amostras disponíveis, foram aplicados conceitos da geoestatística para estimar a variação espacial. Assim, considerando o custo da amostragem e da análise química das amostras de solo, foi possível amostrar uma quantidade bem menor de amostras. Posteriormente, por meio de um estudo geoestatístico, foram estimados pontos não amostrados. Para a estimativa da dependência espacial foi utilizada uma ferramenta da geoestatística chamada semivariograma. Após a obtenção de um semivariograma, que demonstra a correlação espacial, foi possível estimar valores em qualquer posição dentro do campo, sem tendência e com variância mínima, por meio de um método de interpolação proveniente da geoestatística, chamado krigagem (Burgess & Webster, 1980-I; Burgess & Webster, 1980-II). Neste trabalho, a utilização do método de krigagem gerou índices de nutrientes para locais não amostrados. O nome “krigagem” foi dado em homenagem ao matemático sul africano, Krige (Matheron, 1963).

RNAs têm sido aplicadas com sucesso em diversos problemas de agropecuária: Lima Neto & Ludermir (1997) utilizam RNAs em um sistema de suporte à decisão para colheita de cana-de-açúcar; Patel et al. (1998) utilizam RNAs no desenvolvimento de um sistema inteligente para seleção de ovos; Yakov et al. (1999) aplicam RNAs para estimação da condutividade hidráulica em solos; Yang et al. (2000) utilizam RNAs para a classificação de plantas, procurando distinguir plantações novas das ervas daninhas; Salehi et al. (2000) aplicam RNAs para a predição de perdas de nitrogênio na volatilização; Leung & Tran (2000) fazem uso de RNAs na predição de surtos em camarões; De la Rosa et al. (2000) aplicam RNAs na avaliação da vulnerabilidade do solo à erosão, buscando

analisar o impacto causado na produtividade das culturas.

Além disso, RNAs vêm sendo continuamente aplicadas nas mais diversas áreas, tais como, reconhecimento de padrões, processamento de sinais, controle otimização, previsão de séries temporais, reconhecimento de voz e controle de doenças. (Romero, 1993; Santos, 1994; Ballini, 1996; Diniz & Thomé, 1997; Diniz et al., 1998; Gonçalves et al., 1998; Junior et al., 1998.).

Quando RNAs são utilizadas para a análise temporal, deve-se analisar o histórico do terreno, em relação à concentração de nutrientes, aplicando-se estudos de séries temporais. Neste trabalho foi desenvolvido um estudo que leva em consideração amostras provenientes de diferentes instantes de tempo. O estudo geoestatístico foi aplicado em cada um dos instantes considerados.

Este artigo está organizado da seguinte forma. A Seção 2 apresenta os principais conceitos relacionados às RNAs, técnica utilizada neste trabalho. A Seção 3 descreve os experimentos realizados. Finalmente, na Seção 4 são apresentadas as principais conclusões.

## 2 CONCEITOS BÁSICOS DE RNAS

RNAs são técnicas computacionais baseadas na estrutura e funcionamento do sistema nervoso. Ao contrário das técnicas convencionais de computação, em que um programa de computador precisa ser desenvolvido para resolver um dado problema, elas aprendem a resolver problemas por aprendizado e experiência, como ocorre com os seres humanos.

RNAs são uma alternativa à utilização de técnicas estatísticas para a classificação e agrupamento de dados (Braga et al., 2000). Elas podem também ser utilizadas para encontrar correlações e agrupamentos naturais entre dados. Diferente de muitas das técnicas estatísticas utilizadas, para que RNAs sejam empregadas não é necessário conhecer a distribuição estatística dos dados.

RNAs são estruturas distribuídas formadas por um grande número de unidades de processamento (que simulam os neurônios), bastante simplificadas e conectadas entre si. Essas conexões são implementadas por canais de comunicação que estão associados a um determinado peso. As unidades realizam operações apenas sobre seus dados locais, que são entradas recebidas através das suas conexões. A Figura 01 ilustra uma RNA típica.

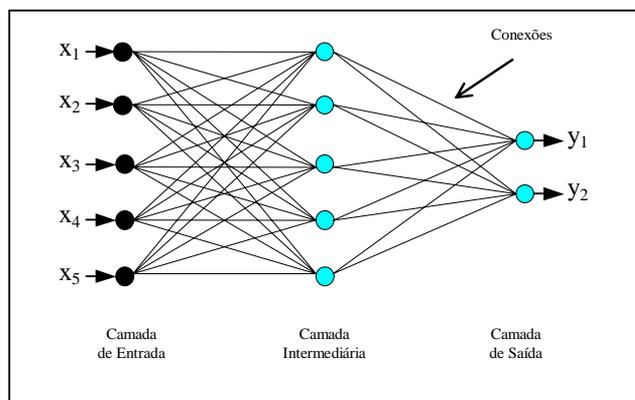


Figura 01 - Rede Neural Artificial Típica.

As RNAs apresentam características particulares, tais como: capacidade de aprender, generalizar, agrupar ou organizar dados; não linearidade; mapeamento entrada saída; adaptabilidade; respostas com níveis de confiança; agregação de informação contextual; tolerância a falhas; uniformidade de análise e projeto e analogia neurobiológica (Braga et al., 2000).

O conhecimento da rede é adquirido por meio de um processo de treinamento no qual valores de pesos associados a conexões entre as unidades são ajustados por meio de um algoritmo de treinamento. Durante o processo de treinamento, exemplos são apresentados à RNA.

Uma RNA é especificada principalmente pela sua topologia, pelas características de seus neurônios e pelo seu algoritmo de treinamento. O processo de treinamento varia de acordo com a topologia da rede ( Haykin, 1994).

Este trabalho mostra o uso de RNAs, especificamente redes MLP (Multi-Layer-Perceptron) treinadas com o algoritmo backpropagation (Rumelhart et al., 1986), para a predição de séries temporais, com o objetivo de melhorar o processo de adubação para a cultura da goiabeira.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a área de experimentação, 100 x 100 m<sup>2</sup>, foram

simuladas 25 amostras. As amostras foram simuladas a um espaçamento de 25 metros uma das outras. Para o estudo geostatístico, os dados foram interpolados a uma distância de 5m, sendo gerados, portanto, 441 pontos.

Com base na predição de séries temporais, foi analisado o “histórico” do terreno em quatro instantes:  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  e  $t_4$ . A partir desses dados de entrada, que é um arquivo texto contendo os resultados gerados durante a fase da análise geostatística (krigeagem), foi estimado um  $t_5$ , em cima do qual foi feita a recomendação de adubação. Nos experimentos realizados com as RNAs, os quatros tempos krigados foram utilizados como dados de entrada, e o tempo estimado ( $t_5$ ) como saída desejada.

A implementação foi realizada utilizando a ferramenta MATLAB, versão 5.2. Esta ferramenta possui um módulo especial para redes RNAs, chamado **Tool box Neural Network**. Também foi utilizada, para um pré-processamento, a planilha eletrônica MS-Excel.

Inicialmente, foi selecionado o modelo da rede. A rede escolhida foi a rede MLP, treinada com o algoritmo backpropagation. Esta escolha foi motivada por esta rede ser a mais utilizada em aplicações de séries temporais. Maiores detalhes sobre o algoritmo backpropagation podem ser encontrados em Braga et al., (2000); Haykin (1994); Rumelhart(1986).

Para avaliar o desempenho da rede, foi escolhida uma técnica estatística, chamada validação cruzada (Haykin, 1994). Esta técnica divide o conjunto de dados, aleatoriamente, em conjunto de treinamento e conjunto de teste. O conjunto de treinamento representa, aproximadamente, 2/3 do conjunto de dados e, por sua vez, é dividido em um subconjunto usado para estimar o modelo (treinamento da rede); e em um subconjunto para avaliar o desempenho do modelo (validação do modelo), este subconjunto é formado por, geralmente, 10 a 20% do conjunto de treinamento.

O Quadro 01 demonstra o preparo feito para a validação cruzada.

**Quadro 01** - Conjuntos de dados utilizados na validação cruzada.

Descrição	N.º de Exemplares
Conjunto de dados total	441
Subconjunto utilizado para o teste final da rede	141
Subconjunto total para o treinamento da rede	300
Subconjunto do utilizado para estimar o modelo	250
Subconjunto utilizado para avaliar o desempenho do modelo	50

Para este pré-processamento dos dados foi utilizada a planilha eletrônica MS-Excel®.

O próximo passo consistiu em selecionar outros parâmetros, nos quais os testes foram baseados. Com relação à topologia da rede, optou-se por utilizar duas camadas

intermediárias e variar o número de neurônios em ambas as camadas intermediárias utilizadas. Optou-se por utilizar a taxa de aprendizagem igual a 0.6 e constante momentum igual a 0.01. O Quadro 02 ilustra diferentes topologias adotadas para testes.

**Quadro 02** - Valores adotados para teste de topologia.

N.º de neurônios na 1ª camada intermediária	N.º de neurônios na 2ª camada intermediária
6	6
11	11
20	20

Para a recomendação de adubação, levou-se em consideração que a aplicação de nutrientes de um campo agrícola é feita segundo os teores do solo e as necessidades que determinada cultura possui desses nutrientes. Foi, assim, necessária a elaboração de tabelas de adubação, de acordo com as exigências e características da cultura em questão, bem como o tipo de solo. A cultura escolhida para efeitos demonstrativos do método foi a da goiabeira. A escolha deu-se não só pela experiência com trabalhos anteriores, mas, também, por ser uma cultura de forte

expressão na região central e nordeste do estado de São Paulo. As tabelas de adubação utilizadas condensam resultados de pesquisas com adubação realizadas durante oito anos com a cultura da goiabeira, segundo Natale et al. (1996).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O processo de treinamento das redes foi realizado de

acordo com o método da validação cruzada.

A Figura 02 demonstra os diferentes erros quadráticos médios para cada um dos testes realizados.

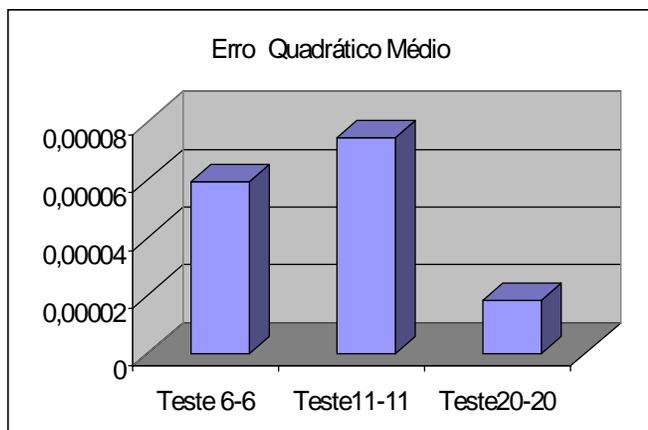


Figura 02 - Erros Quadrático Médio obtidos no processo de treinamento.

A Figura 02, que ilustra o erro quadrático médio, mostra que o teste que apresentou menor erro foi com duas camadas intermediárias, ambas com 20 neurônios.

Figura 03, seguir, apresenta os valores obtidos na estimação estocástica e no treinamento da rede.

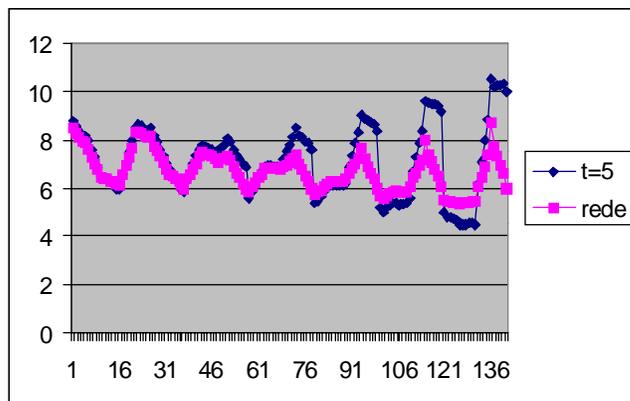


Figura 03 - Valores de fósforo obtidos na predição estocástica em comparação o uso de RNAs.

A análise do efeito do uso de RNAs na recomendação de adubação permite observar uma pequena alteração

de quantia de adubação. O Quadro 03 demonstra esta variação, bem como o local onde a mesma ocorreu.

Coordenadas da Célula	P (resina) t=5	P (resina) Rede	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> em g/cova para t=5	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> em g/cova para rede
70 - 100	5,99	6,17	180	140
85 - 05	5,84	6,05	180	140
90 - 15	5,83	6,05	180	140
95 - 50	5,56	6,01	180	140
100 - 100	10	5,96	140	180

#### 4 CONCLUSÕES

O uso de redes MLP treinadas com o algoritmo backpropagation mostrou seu grande potencial para a recomendação de adubação correta de fósforo para a cultura da goiabeira, levando-se em consideração princípios da agricultura de precisão.

Propondo uma nova técnica para a avaliação das necessidades de uma forma mais precisa, este trabalho teve o objetivo de mostrar o potencial da utilização de RNAs como ferramenta para uma melhor representação e interpretação das necessidades de nutrientes em agricultura de precisão. Espera-se, como resultado desta inves-

tigação, que a técnica seja utilizada como apoio para a recomendação da reposição de fósforo adequada na implantação da cultura da goiabeira.

Foi apresentada neste artigo uma aplicação prática, com a recomendação de adubação baseada nos conceitos de variabilidade espacial e temporal, ilustrando o potencial da aplicação de RNAs em ciências agrônômicas.

Embora o método tenha sido demonstrado para a cultura da goiabeira, esta metodologia pode ser aplicada outras culturas de interesse.

Desta maneira, podem ser sugeridas várias propostas de trabalhos futuros, tais como: aplicação de RNAs durante a análise de variabilidade espacial (geoestatística); testes com outros modelos de RNAs, diferentes topologias e diferentes valores para os parâmetros de treinamento; testes com valores colhidos de campo, bem como a resposta da cultura para diferentes adubações; possibilidade da aplicação de técnicas de mineração de dados na fase de interpretação de resultados; realização de um estudo geo-referenciado.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALLINI, R.** Redes Neurais Artificiais para Previsão Chuva Vazão, **Dissertação de Mestrado, ICMC – USP – São Carlos/SP, 1996.**
- BURGESS, T.M., WEBSTER, R. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. I. The semi-variogram and punctual kriging. *Jour. Soil Sci.* 31:315-331, 1980
- BURGESS, T.M., WEBSTER, R. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. II. Block kriging. *Jour. Soil Sci.* 31:333-341, 1980.
- BRAGA, A. P., CARVALHO, A. P. L. F., LUDERMIR, T. B. **Redes Neurais Artificiais: Teorias e Aplicações.** Rio de Janeiro: Editora LTC, 2000.
- DE LA ROSA, D. MORENO, J. MAYOL, F. BONSON, T. Assessment of soil erosion vulnerability in western Europe and potential impact on crop productivity due to loss of soil depth using the ImpelERO model. *Agriculture Ecosystems & Environment*, v. 81, p.179-190, 2000.
- DINIZ, S., THOMÉ, A. G. **Uso de Técnica Neural para o Reconhecimento de Comandos à Voz.** In: Simpósio Brasileiro de Redes Neurais, 4, 1997, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1997.
- DINIZ, H., ANDRADE, L. C. M., CARVALHO, A. C. P. L. F., ANDRADE, M. G. **Previsão de Séries Temporais Utilizando Redes Neurais Artificiais e Modelos de Box&Jenkins,** Simpósio Brasileiro de Redes Neurais, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1998.
- JUNIOR, F. M. B., FECHINE, J. M., NETO, B. G. A. **“Algoritmo Modificado de Kohonen Aplicado ao Projeto de Dicionários de Padrões Acústicos para Reconhecimento de Locutor”** In: Simpósio Brasileiro de Redes Neurais, 5, 1998, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1998.
- LEUNG, P. TRAN, L. T. Predicting shrimp disease occurrence: artificial neural networks vs. logistic regression. *Aquaculture*, v. 187, p. 35-49, 2000.
- LIMA NETO, F. B., LUDERMIR, T. B. **“Suporte a Decisão para Colheita de Cana-de-açúcar”**, IV Simpósio Brasileiro de Redes Neurais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1997.
- MATHERON, G. Principles of geostatistics. *Econ. Geology*, 58: 1246 - 1266, 1963.
- MODENESE, S. H. **“Algoritmo para Recomendação de Nutrientes Agrícolas Baseado em Técnicas de Processamento de Sinais e Imagens”**, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos / SP, 1998.
- NATALE, W.; MODENESE, S. H. Software para recomendação da calagem e adubação da goiabeira: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 14, 1996, Curitiba, PR. **Resumos.** Londrina: IAPAR, 1996.
- PACHEPSKY, Y.A. TIMLIM, D.J. AHUJA, L.R. Estimating saturated soil hydraulic conductivity using water retention data and neural networks. *Soil Science*. v. 164, n. 8, 1999.
- PATEL, V.C. MCCLENDON, RW. GOODRUM, J.W. Development and evaluation of an expert System for egg sorting. *Computers and Electronics in Agriculture*. v.20, p.97-116, 1998.
- ROMERO, R. A. F. **Otimização de Sistemas Através de Redes Neurais Artificiais,** Tese de Doutorado, FEE – UNICAMP – Campinas/SP, 1993.
- SALEHI, F. PRASHER, S.O. AMIN, S. MADANI, A. JEBELLI, S.J. RAMASWAMY, H.S. TAN, C. DRURY, C.F. Prediction of annual nitrate-N losses in drain outflows with artificial neural networks. *Transactions of the Asae*, v. 43, p. 1137-1143, 2000.
- SANTOS, V. P. **“Aplicação de Redes Neurais no Reconhecimento de Doenças do Coração Utilizando o MATLAB”**, Projeto de Graduação – ICMC – USP, São Carlos/SP, 1994.
- YANG, C.C. PRASHER, S.O. LANDRY, J.A. RAMASWAMY, H.S. DITOMMASO, A. Application of artificial neural networks in image recognition and classification of crop and weeds. *CANADIAN AGRICULTURAL ENGINEERING*, v. 42, n.3, p. 147-152, 2000.

## **NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NA REVISTA BRASILEIRA DE AGROCOMPUTAÇÃO**

A língua oficial para publicação de trabalhos técnico-científicos (artigo, revisão bibliográfica e comunicação) é a portuguesa. Porém, aceitam-se trabalhos em espanhol ou inglês, desde que contenha obrigatoriamente RESUMO e PALAVRAS-CHAVE em português. A matéria enviada para publicação, não deve estar sendo submetida a outro órgão e nem ter sido anteriormente publicada, a não ser em forma de resumo em evento científico.

Os textos deverão ser encaminhados ao Editor desta revista, por meio de ofício, obedecendo a estas normas, em 4 (quatro) vias impressas, com apenas uma delas identificada com o nome dos autores, e em disquete 3 ½ devidamente identificado.

### **Organização**

Os artigos técnico-científicos escritos em português ou espanhol, deverão, ter a seguinte sequência: Título; Autor(es); Resumo; Palavras-chave; Título em Inglês; Abstract; Keywords; Introdução; Material e Métodos; Resultados e Discussão; Conclusões; Agradecimentos (quando houver); e Referências Bibliográficas. Para artigos técnico-científicos escritos em inglês, os mesmos deverão obedecer a seguinte sequência : Title; Author (s); Abstract; Keywords; Título em Português; Resumo; Palavras-chave; Introduction; Material and Methods; Results and Discussion; Conclusions; Acknowledgements (quando houver); e References. Nas revisões bibliográficas e comunicações esta subdivisão não é necessária, porém devem conter, obrigatoriamente, Resumo e Abstract.

### **Editor de texto e Formato**

Os trabalhos deverão ser redigidos no editor de textos WORD para WINDOWS versão 6.0 ou posterior, utilizando fonte Times New Roman, tamanho 12, exceto para notas de rodapé e título, que deverão apresentar tamanho 9 e 14, respectivamente. A página deverá ser formatada para papel tamanho A4 (27,9 X 21,0), orientação retrato, margens superior e inferior de 2,5 cm, e esquerda e direita de 3,0 cm, não numeradas, com no máximo 20 páginas. Os parágrafos devem ser de 2 cm com espaçamento entre linhas duplo. Todos os itens devem ser numerados, alinhados à esquerda, em letra maiúscula e negrito, sendo que o item 1 deve ser Introdução (ou Introduction). Subitens deverão ter a primeira letra maiúscula, marginados a 2, 4, 6 ... cm do item correspondente, conforme a subdivisão do trabalho.

### **Título**

O título do trabalho deverá ser todo em letra maiúscula em negrito e centralizado. Deve ser claro e conciso, expressando o conteúdo do trabalho. Poderá conter um número-índice, como chamada de rodapé, para possível explicação em se tratando de trabalho apresentado em evento científico, extraído de

dissertação ou tese, ou para indicar o órgão fomentador da pesquisa.

### **Autores**

Os nomes dos autores deverão ser por extenso e negrito, centralizados, separados por vírgula com os respectivos números-índice que, em nota de rodapé, irão identificar os mesmos com as seguintes informações: qualificação profissional, instituição, endereço postal e eletrônico (E-mail), telefone e fax. Deve-se entender por autores as pessoas que tiveram participação efetiva no trabalho, de forma que possam responder pelo mesmo integralmente ou em partes essenciais.

### **RESUMO**

O item RESUMO deve ser alinhado à esquerda, em maiúsculo e negrito. O texto deve iniciar-se na mesma linha do item, em parágrafo único, ser claro, sucinto e, obrigatoriamente, explicar o(s) objetivo(s) do trabalho, procurando justificar sua importância (sem incluir referências bibliográficas), os materiais e métodos utilizados, os resultados mais importantes e conclusões, em não mais que 300 palavras.

### **Palavras-chave**

O item deve ser alinhado à esquerda, escrito com a primeira letra em maiúsculo e negrito. As palavras-chave devem ser no máximo 3, procurando-se não repetir palavras do título, escritas em letras minúsculas separadas por vírgulas.

### **ABSTRACT**

Como o RESUMO, deve ser em maiúsculo e negrito e, alinhado à esquerda. O ABSTRACT é uma versão completa do RESUMO, para o inglês, que também deverá além do título (em inglês, centralizado, em maiúsculo e negrito) apresentar as Keywords (dispostas da mesma forma que as Palavras-chave), em no máximo 300 palavras.

### **1.INTRODUÇÃO**

Utilizando-se de bibliografia apropriada para formular os problemas abordados e justificar a importância do assunto, deve-se neste item deixar bem claro o(s) objetivo (s) do trabalho proposto, evitando dessa forma divagações sem importância. As citações bibliográficas no texto, devem ser realizadas da seguinte forma:

- a-) um autor : ... Lima (2000), ou ... (Lima, 2000);
- b-) dois autores : ... Lima; Sousa (2000), ou ... (Lima; Sousa, 2000);
- c-) mais de 3 autores : ... Sousa et al. (2000), ou ... (Sousa et al., 2000).

## 2. MATERIALE MÉTODOS

Dependendo da natureza do trabalho, uma caracterização experimental deve ser inserida, tornando clara as condições em que a pesquisa foi conduzida. Quando alguns métodos utilizados forem notórios, apenas a referência bibliográfica bastará; caso contrário, é necessário apresentar uma descrição completa dos procedimentos e adaptações promovidas. As unidades de medidas e símbolos devem seguir o Sistema Internacional. As equações utilizadas deverão obedecer o alinhamento dos parágrafos (2 cm) e numeradas com algarismos arábicos entre parênteses no final da linha que estiver inserida.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na apresentação dos resultados, figuras e tabelas deverão ser em preto e branco, com largura de 7,2 ou 15 cm, numeradas com algarismos arábicos, preferivelmente, inseridas logo abaixo do parágrafo onde foram citadas pela primeira vez. Tanto no texto, bem como nas legendas, as palavras Figura e Tabela devem ter letra inicial maiúscula. Para as tabelas a legenda deve figurar em sua parte superior, enquanto que para as figuras a legenda deve ser apresentada na sua parte inferior. Nas tabelas não devem ser usadas linhas verticais separando colunas, nem mesmo no cabeçalho. Na discussão, sempre que possível, confrontar os dados obtidos com os resultados existentes na literatura.

## 4. CONCLUSÕES

Devem basear-se exclusivamente nos resultados do trabalho. Evitar a repetição dos resultados em listagem subsequente, buscando assim, confrontar o que foi obtido com os objetivos inicialmente propostos.

## AGRADECIMENTOS

Inseri-los, se for o caso, após as conclusões, de forma sucinta e resumida e sem numeração.

## 5. REFERÊNCIAS

A listagem de referências deverá ser disposta em ordem alfabética pelo sobrenome do primeiro autor da seguinte forma:

a-) Livros :

SOARES, L.F.G. **Modelagem e simulação discreta de sistemas**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1992. 250p.

b-) Capítulo de Livros :

ASSAD, E.D., SANO, E.E., MEIRELLES, M.L., MOREIRA, L. Estruturação de dados geoambientais no contexto de microbacia

hidrográfica. In: ASSAD, E.D., SANO, E.E. **Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1993. p.89-108.

c-) Revistas/Periódicos :

VIRGENS FILHO, J.S., CATANEO, A. Modelo computacional para simulação da radiação solar global diária. **Energia na agricultura**, v.14, n.2, p.24-36, 1999.

d-) Monografias, dissertações e teses :

VIRGENS FILHO, J.S. **Modelo computacional para simulação de dados climáticos**. 1997. 86f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

e-) Trabalhos apresentados em congressos (Anais, Resumos, Proceedings, Disquetes, CD-ROM) :

LEONARDO JR, I., SOUZA, F.G.A., PINHEIRO, F.A. Programa computacional para calcular o dimensionamento e custos de máquinas e implementos agrícolas. In : SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 1, 1999, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP, 1999. p.480-6.

Obs : No caso de disquetes ou CD-ROM, substitui-se o número de páginas pelas palavras “Disquete” ou “CR-ROM”.

f-) WWW (World Wide Web) e FTP (File Transfer Protocol) : BURKA, L.P. A hipertext history of multi-user dimensions; MUD history. Disponível em: <http://www.ccs.neu.edu/home/lpb/mud-history.html>. Em: 10/11/1997.

As separatas das contribuições estarão disponíveis aos autores ao preço de custo, podendo ser adquiridas, em um número mínimo de 50 exemplares.

As contribuições, elaboradas segundo as normas desta Revista, deverão ser enviadas para o seguinte endereço:

### **ENDEREÇO – ADDRESS – DIRECCIÓN**

#### **Revista Brasileira de Agrocomputação**

Departamento de Informática

Setor de Ciências Agrárias e Tecnologia

Universidade Estadual de Ponta Grossa

Av. Carlos Cavalcanti, 4748 – Bairro Uvaranas

CEP 84.030-900 – Ponta Grossa, PR, BRASIL

Fone: (42) 220-3097

E-mail : [agrocomputacao@uepg.br](mailto:agrocomputacao@uepg.br)

Home Page : <http://www.agrocomputacao.uepg.br>

**E d i t o r a** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ **UEPG**