



### 3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão

#### PROGRAMA COMPUTACIONAL DE SIMULAÇÃO DA PRODUTIVIDADE PARA SUPORTE A DECISÃO NO PLANTIO DE MILHO

Danilo F. Pereira<sup>1</sup>, Irenilza A. Nääs<sup>2</sup>, José R. M. Bertola<sup>3</sup>, Danielle H. Mata<sup>4</sup>, Evandro C. Mantovani<sup>5</sup> e Gonçalo E. França<sup>6</sup>

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi desenvolver um programa computacional que simule a produção do milho, sendo utilizado como um suporte a decisão para o produtor. O algoritmo utilizado consta de modelos de regressão obtidos a partir de resultados de uma pesquisa de campo realizada na Embrapa Milho e Sorgo, sob condições de plantio direto e com modelos de estimativas de produção obtidos em tabelas e resultados de outros trabalhos constantes na literatura. O pacote computacional resultante é completo o suficiente para a simulação da produtividade em um determinado solo e implantação e uso por produtores (usuários) como uma ferramenta de Agricultura de Precisão, capaz de auxiliar à tomada de decisão. O programa é de fácil manuseio, onde o usuário pode optar em digitar os valores que representam as condições do solo de plantio, ou resgatar valores de um banco de dados histórico que pode ser implementado pelo próprio usuário, ou obtido através da Embrapa que disponibilizará, através da rede mundial de computadores, condições de solo de todo o país. A saída do programa é de simples interpretação e fornece, entre outros resultados, a produtividade máxima de um solo sob as condições de simulação, auxiliando o produtor na tomada de decisão quanto a aplicação de insumos.

**PALAVRAS-CHAVE:** milho, suporte a decisão, agricultura da precisão

#### **ABSTRACT: DEVELOPMENT OF A SOFTWARE FOR DECISION SUPPORT ON CORN FIELD USING NON TILLAGE SYSTEM**

*The objective of this research was to develop a software for simulating corn production, and to be used as decision making tool by the producer. The used algorithm combined regression models obtained from field research results, under conditions of minimum tillage, as well as production estimate models, and related results and tables found in the literature. The resulting software is complete and sufficient for simulating corn productivity in a certain soil, being easy to install and user friendly, and after all, as a Precision Agriculture tool, capable to help the decision making step. The software has friend interface and the user can opt to input historical soil data, or to retrieve data from remote database through internet. The software output is of simple understanding, and gives among*

<sup>1</sup> Professor UNESP – UD de Tupã. danilo@tupa.unesp.br

<sup>2</sup> Professora Titular. FEAGRI-UNICAMP. irenilza@agr.unicamp.br

<sup>3</sup> Aluno IC CEATEC-PUCCAMP

<sup>4</sup> Aluno IC FEAGRI-UNICAMP

<sup>5</sup> Pesquisador Embrapa.Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG.

<sup>6</sup> Pesquisador Embrapa.Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG.



### 3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão

other information the maximum simulated production under a certain type of soil, helping the producer's decision making.

**KEYWORDS:** corn, decision support system, precision farming

**INTRODUÇÃO:** A importância econômica do milho é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vai desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. Com o advento da Agricultura de Precisão, a produção de milho em grandes glebas é uma realidade principalmente nos cerrados brasileiros. Vários sistemas de origem dinâmica, de maneira geral, e os relacionados à agricultura, em particular, podem ser entendidos e analisados intuitivamente, sem a ajuda de recursos matemáticos; entretanto, para se definirem situações complexas envolvendo sistemas multivariáveis de maneira eficiente, é necessária uma análise matemática, que muitas vezes se resume a uma análise estatística. Segundo LUENBERGER (1979), os modelos matemáticos de sistemas interdependentes resultam da interpretação dos fenômenos observados e da interação de um grande número de variáveis que existem e agem no universo dos eventos. A partir do entendimento dos processos físicos envolvidos, pode-se avançar a investigação científica dos mesmos, através da sua descrição em um modelo matemático e/ou estatístico. Tais modelos, por envolverem fatores experimentais, não necessariamente exatos, são simplificados através de métodos de resolução, que gerem soluções aproximadas. BELTRAMI (1997) descreve vários métodos capazes de aproximar soluções numéricas de fenômenos biológicos, enquanto CHRISTIANSON e ROHRBACH (1986) preconizam a utilização de algoritmos na descrição de fenômenos agrícolas, de maneira a se ter uma indicação explícita de funções multivariáveis. A obtenção dessas funções, que são as soluções aproximadas, requer muitos cálculos. Sendo assim, torna-se necessário o uso de computadores. Portanto, o desenvolvimento de um produto de *software* aplicável a produtores de milho, seja de alta ou baixa produtividade, organizando sua base de dados e oferecendo mecanismos de manipulação e consulta, inclusive à distância, se mostra necessário. O PRO-MILHO foi desenvolvido para atender esta necessidade crescente, buscando contribuir como ferramenta de tomada de decisão para o plantio do milho, possibilitando o aumento da produtividade, objetivando disponibilizar uma ferramenta que contribua para a tomada de decisão para produtores com baixos índices produtivos. O pacote computacional desenvolvido é completo o suficiente para a implantação e uso como ferramenta de Agricultura de Precisão por produtores, cooperativas e/ou órgãos de transferência tecnológica.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A partir de dados coletados no campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo, foi feita análise multivariada e determinadas as variáveis de maior importância na produtividade, sejam elas: pH, Al, Ca, Mg, K, P, M.O.(matéria orgânica) e altitude. Os dados de campo, junto com dados obtidos na literatura, foram utilizados para desenvolver o algoritmo do programa. Para a análise dos dados e construção dos modelos estatísticos, foram utilizados métodos de regressão linear, regressão multivariada e análises de variância (Anova). Estas análises modelos foram feitos no pacote estatístico MINITAB. O programa foi desenvolvido em linguagem Visual Basic 6.0 e o banco de dados foi criado em Access. O software agrega as variantes colocadas no algoritmo, de maneira a simular os resultados de produtividade em função das variáveis já descritas.



### 3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A partir dos dados coletados em campo e utilizando as variáveis mais significativas na produtividade de referido experimento, foi desenvolvido o modelo de regressão multivariado abaixo.

#### Equação 1

$$Prod = 68902 - 1372 \cdot Ph - 56 \cdot Al + 470 \cdot Ca + 1951 \cdot Mg - 755 \cdot K + 25,5 \cdot P + 298 \cdot MO - 76,3 \cdot Alt$$

onde: Prod - valor da produção; Ph - valor do pH do solo; Al - quantidade de alumínio no solo; Ca - quantidade de cálcio no solo; Mg - quantidade de magnésio no solo; K - quantidade de potássio no solo; P - quantidade de fósforo no solo; MO - matéria orgânica presente no solo e Alt - altitude do local. A partir da equação consolidada, foi desenvolvido um algoritmo que contém a Equação (1) e mais outros fatores de relevância na produção, sendo eles a temperatura média no período da plantação; a água (irrigação e chuva) durante todo o ciclo; o pH do solo e a quantidade de nitrogênio na adubação, sendo para sistema irrigado ou de sequeiro. O processo decisório de um plantio quanto à aplicação de insumos, é um processo dinâmico que deve considerar três momentos distintos, conforme mostra a Figura 1. O primeiro momento, anterior ao plantio, consiste em uma avaliação histórica da área, através de dados de laboratório, análise de imagens de satélite e/ou outros métodos e ferramentas utilizadas para identificar o potencial histórico da área. Em um segundo momento, também anterior ao plantio, os dados históricos devem ser confrontados com os valores reais do solo, onde a produtividade pode ser simulada e comparada com a histórica. Neste momento, o produtor deve identificar possíveis fatores que podem afetar a produtividade do milho, fazer uma análise de risco e tomar a decisão quanto a aplicação dos insumos e a viabilidade do plantio. No terceiro momento, que acontece depois da colheita, deve-se comparar os resultados obtidos com os previstos e identificar os fatores que atuaram negativamente na produtividade, possibilitando ao produtor agir corretivamente no solo. Os valores obtidos no terceiro momento farão parte da série histórica para o próximo plantio

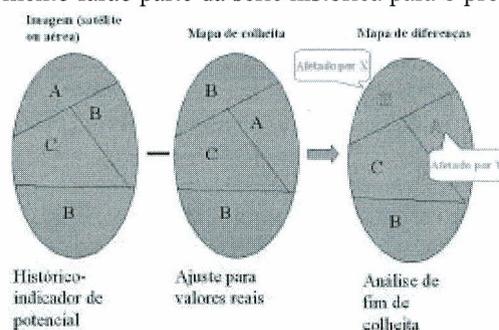


Figura 1. Processo dinâmico de tomada de decisão

O algoritmo do programa foi desenvolvido baseado neste processo dinâmico de tomada de decisão, onde a produtividade pode ser simulada a partir de uma série histórica e comparada com a produtividade calculada a partir de valores reais. Com o algoritmo, foi elaborado o desenho funcional do software de auxílio à tomada de decisão a partir de fluxo de informações. O programa funciona de maneira simples, onde os Dados do Solo, Dados do Ambiente e Dados da Produção (aqui resumidos nos manejos de Sequeiro ou Irrigado), consistem nas variáveis de entrada do sistema. O usuário informa também a produtividade desejada. O programa verifica, utilizando as regras construídas, se a produtividade desejada é possível para aquele solo. Caso afirmativo, o programa calcula a adubação e a correção do solo para que se atinja aquela produtividade. Caso negativo, o programa calcula a máxima produtividade possível, e retorna o cálculo da adubação e correção do solo para atingir essa



### 3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão

produtividade máxima. A partir do manejo (Irrigado ou Sequeiro) o programa seleciona o conjunto de regras e modelos para calcular a produtividade máxima esperada para aquele solo, a adubação e a correção necessária para o solo, baseado em critérios e resultados científicos obtidos na literatura.

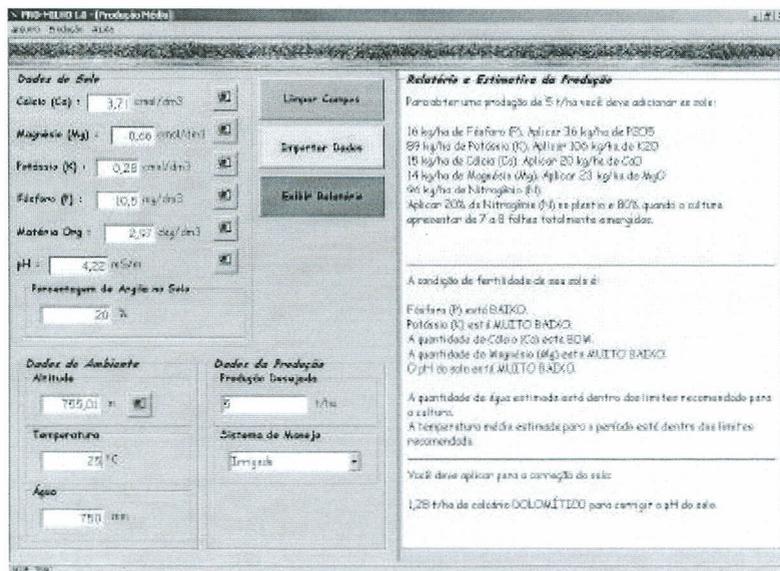


Figura 2. Tela com os valores digitados e o relatório com seus resultados.

O programa tem uma interface para o usuário buscar em um arquivo banco de dados as variáveis do solo (valores históricos), ou entrar manualmente com estes valores (valores reais). As regras que compõem o algoritmo do programa foram sugeridas por RIBEIRO *et al.*, 1999. A figura 2 mostra a tela com a saída do programa após uma simulação. O layout do programa foi desenvolvido de forma ao usuário ter, em uma única tela, todas as informações de entrada para a simulação e os resultados desta simulação, procurando facilitar o manuseio e criando uma interface amigável. O usuário tem a opção de imprimir um relatório, visualizando este antes da impressão.

**CONCLUSÃO:** O programa é de fácil manuseio. Procurou-se na construção da interface com o usuário criar um ambiente amigável, de fácil inserção de dados e resultados claros e objetivos. O PRO-MILHO é um programa que agrega em seu algoritmo conhecimentos científicos relacionados a clima e condições físico-químico do solo para a cultura do milho, fornecendo para o usuário uma aproximação da produtividade esperada para área, considerando o máximo de variáveis que atuam sobre a planta. Espera-se que o PRO-MILHO sirva como uma ferramenta de Agricultura de Precisão para fazer uma primeira estimativa da produtividade e gere propostas de ação quanto a aplicação de insumos, contribuindo para o processo decisório do plantio. A medida em que se obtiverem modelos melhores de predição da produtividade e/ou curvas de calibração para as variáveis estudadas, o algoritmo pode ser otimizado construindo melhores aproximações e previsões.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem à Embrapa Milho e Sorgo pelo financiamento da pesquisa e pelos dados e modelos cedidos e ao CNPq pelas bolsas de IC.



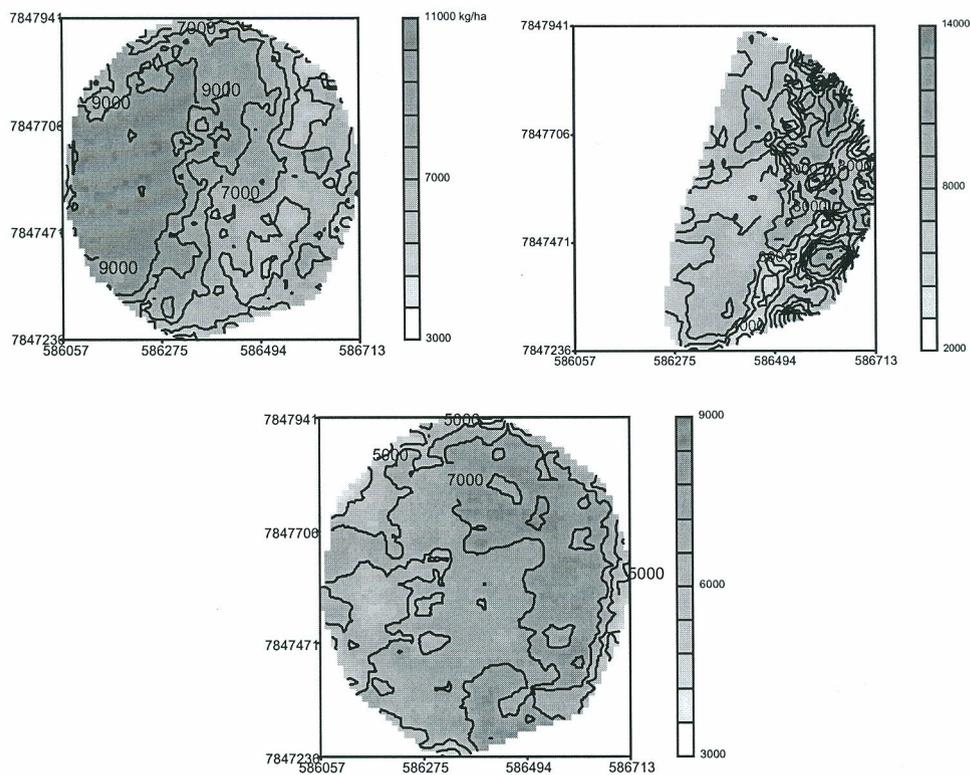
### 3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- BELTRAMI, E. *Mathematics for Dynamic Modeling*. New York: John Wiley, 1997. 342p.
- CHRISTIANSON, L.L.; ROHRBACH, E.R.P. *Design in Agricultural Engineering*. St. Joseph: ASAE, 1986. 310p.
- FEKETE, A. Fertilizer application rate control for precision farming. IN: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTES IN AGRICULTURE, 6, 1996, Cancun. *Proceedings*. St. Joseph: ASAE, 1996. p. 557-62
- LUENBERGER, D.G. *Introduction to Dynamics Systems*. New York: John Wiley. 1979, 446p.
- MCCAULEY, J.D.; ENGEL, B.A. Approximation of noisy bivariate transverse data for precision mapping. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.40, n.1, 1999. p.237-45
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação*. CFSEMG, Viçosa, MG, 1999, 349p.



### 3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão



**Figura 2 – Mapa interpolado por krigagem da produtividade de milho no primeiro ano (1999/00), segundo ano (2000/01) e do terceiro ano (2001/02).**