

Aplicação do Geoprocessamento no Controle de Nematóides da Soja

Ítalo Tsuchiya¹

Prof. Dr. Nilton Nobuhiro Imai²

MSc. Eduardo Alves Silva³

Unesp - Depto. de Cartografia - 19060-900 Presidente Prudente SP

¹ ✉ italo@prudente.unesp.br

² ✉ nnimai@prudente.unesp.br

Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa com Soja (CNPSo) - 86001-970 Londrina PR

³ ✉ eduardo@cnpso.embrapa.br

Conteúdo	
	1 Introdução
	2 Análise Contextual
	2.1 Dados Amostrais
	2.2 Aplicação da Geoestatística
	2.2.1 Semivariograma
	2.2.2 Krigagem
	3 Resultados
	4 Conclusão
	5 Referências Bibliográficas

Resumo: A finalidade deste trabalho é mostrar como a Geoestatística foi aplicada na reconstrução de superfícies que representam fatores importantes à produção de soja. Esse trabalho foi realizado a partir de dados amostrais coletados em uma área experimental de soja, da Embrapa. Foram coletadas amostras de contagem do Nematóide da soja, bem como do solo. Os últimos forneceram dados amostrais sobre as propriedades químicas e físicas do solo. Além disso, realizou-se colheita de soja de áreas amostrais, as quais forneceram dados de produtividade e das propriedades da cultura. A análise geoestatística das amostras permitiu definir modelos de interpolação das superfícies. Os resultados obtidos mostram que as informações georeferenciadas obtidas são valiosas no gerenciamento localizado de recursos da produção com soja.

Palavras chave: Agricultura de Precisão, Sistema de Informação Geográfica (SIG), análise espacial, Geoestatística

Abstract: The aim of this work is to present the application of Geostatistic in the reconstruction of surfaces, that represent important factors to the soy bean production. This work used samples collected in an Embrapa experimental area of soy bean. Samples count of Nematoids of the soy bean were collected, as well as properties of soil. The later supplied samples on the chemical and physical properties of soil. Additionally soy bean samples were collected, which supplied productivity data. The geostatistics analysis of the samples allowed to define models of surface interpolation. The results show that the information georeferenced obtained are valuable in the located management of resources in soy bean production.

Keywords: Precision Farming, Geographic Information System (GIS), Spatial Analysis, Geoestatistic

1 Introdução

O reconhecimento pelo agricultor de que as plantas, o solo, a atmosfera, assim como os diferentes níveis de interação entre os fatores ambientais, são intensamente afetados pela posição geográfica, constituiu uma concepção inconsciente dos primeiros sistemas de informação, a partir desse conhecimento é dado suporte à agricultura moderna. A análise da paisagem natural, seleção de áreas com diferentes aptidões para a produção agrícola e reconhecimento dos fenômenos que influenciam o desempenho das culturas são tarefas fundamentais à obtenção de indicadores adequados ao gerenciamento de uma produção agrícola. Entretanto, as grandes dificuldades inerentes ao processo de adquirir, organizar e processar dados *georeferenciados* constitui um obstáculo que ainda impede o agricultor de realizar uma aplicação localizada de recursos de produção, ou seja de ajustar a aplicação de recursos às necessidades da cultura. Infelizmente, devido às complexas interações entre os diferentes fatores determinantes da produção, a operação inconsciente e informal de sistemas de informações, utilizados cotidianamente pelos agricultores, os impede de obter informações adequadas para realizar o gerenciamento localizado de recursos da produção. Dessa forma, a impossibilidade de gerar um grande volume de dados e usar sistematicamente a informação gerada como um dos principais insumos de suporte ao aprimoramento da produção agrícola, ainda atribui ao agricultor nacional, baixa competitividade. Apesar disso, são escassas as informações como suporte à exploração agrícola, na maioria dos casos o que observamos é uso de sistemas corporativos, por agricultores ligados a entidades representativas.

A adoção de novas geotecnologias como o Sistema de Posicionamento Global (GPS), o Sistema de Informações Geográficas e o Sensoriamento Remoto, introduziu a agricultura num novo ciclo de revoluções tecnológicas, denominado como "a revolução da informação", caracterizado pelo uso intenso da tecnologia da informação, da qual considera-se que a agricultura de precisão seja uma consequência. Neste trabalho foi realizado uma modelagem dos fatores determinantes da produção de soja (propriedades físicas e químicas), através de análises geoestatísticas.

2 Análise Contextual

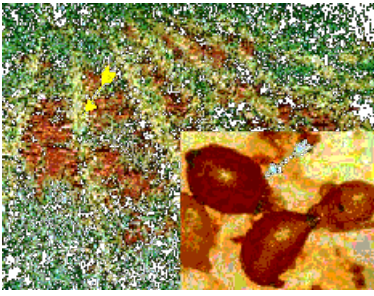


Figura 1 :Cistos e Danos causados à Soja pelo NCS.
Fonte: Embrapa

O nematóide de cisto da soja apresenta-se como um verme microscópico que parasita as raízes das plantas de soja; em seu segundo estágio juvenil inúmeros nematóide penetram as raízes das plantas onde estabelecem seu sítio de alimentação. Evoluindo no seu desenvolvimento, os machos deixam o sistema radicular, sendo que as fêmeas permanecem ligadas às raízes onde se desenvolvem, são fecundadas e finalizam seu ciclo biológico adquirindo o formato de um limão tahiti (ver figura abaixo).

Nesta fase, essas fêmeas, que podem conter no interior de seu ovário até 300 ovos, morrem e desprendem-se das raízes, depositando-se no solo na forma de minúsculas bolsas (cistos), prontos para liberarem novos ovos. Visando o monitoramento e o controle do NCS no Estado do Paraná, a Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento - Seab e a Embrapa Soja estabeleceram um acordo de cooperação técnica, o qual, dentre outros aspectos visa determinar as áreas infestadas pelo NCS, o nível de dano causado pelo NCS à soja, bem como sua dinâmica populacional nas condições do Paraná (Silva et al., 1997b). Desta forma, a Embrapa Soja e o Departamento de Cartografia da Unesp propuseram-se a avaliar o uso do SIG como suporte ao monitoramento do nematóide de cisto da soja.

2.1 Dados Amostrais

O presente trabalho utilizou os dados coletados pela Embrapa, em uma área experimental de produção com soja. Essa área está inserida em uma propriedade cujo aproveitamento principal destina-se à produção de soja, localizada no Município de Sertaneja – PR. Os dados coletados são referentes a safra de 1998, sendo obtidas as propriedades físicas e químicas do solo, bem como as propriedades da cultura (rendimento, altura da soja, contagem de plantas, contagem de nematódios, entre outros). O tamanho da área é de aproximadamente seis hectares, tendo sido coletados 69 elementos amostrais. Os elementos amostrais foram coletados com base em uma grade regular *georreferenciada*, sendo sua distribuição espacial mostrada na figura 02. Decidiu-se realizar o levantamento dos dados com uma densidade maior do que a recomendada para a aplicação de técnicas de interpolação, a fim de assegurar a qualidade do processo de reconstrução.

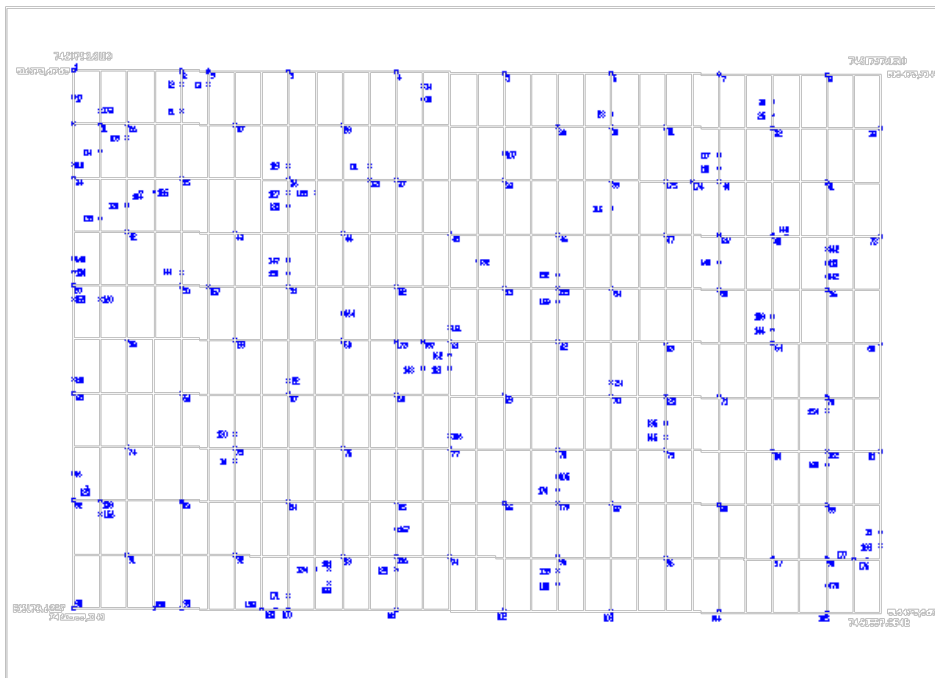


Figura 2 : Pontos de amostragem na área experimental.

As amostras do solo foram analisadas em laboratório, fornecendo algumas características do solo: propriedades químicas (porcentagem de cálcio, magnésio, hidrogênio, potássio, PH, ...), e propriedades físicas (argila, silte, areia e matéria orgânica). Também foram coletadas as informações sobre o desempenho da plantação de soja, como a altura da planta, rendimento, contagem de nematódios, entre outros, formando assim o conjunto de dados *georreferenciados* a serem utilizadas no mapeamento e nas análises geoestatísticas.

2.2 Aplicação da Geoestatística

Devido a variabilidade espacial, o tratamento das variáveis componentes do solo não pode ser feito por estatística clássica, o qual utiliza somente a média e o desvio padrão para representar um fenômeno e baseia-se na hipótese principal de que as variações de um local para outro são aleatórias (Camargo, 1997). Para o tratamento das variáveis foi realizado uma análise *geoestatística*, pois as variáveis apresentam uma aparente continuidade no espaço; podem ser representadas por funções numéricas ordinárias que assumem um valor definido a cada ponto no espaço e, matematicamente, descrevem um fenômeno natural. A continuidade geográfica atribuída se manifesta pela tendência que a variável tem de apresentar valores muito próximos em dois pontos vizinhos e mais diferentes à medida que os pontos vão ficando mais distantes. Além dessa propriedade a variável regionalizada pode apresentar os

seguintes atributos: localização, anisotropia, transição. (Landim, 1998). A Geoestatística se preocupa com a estimação da variação regionalizada em uma, duas ou três dimensões e, para se obter resultados práticos, a função de densidade de probabilidade que governa a ocorrência da variável regionalizada precisa ser conhecida, pelo menos parcialmente. Nesse trabalho foi utilizado o programa VESPER, o qual tem um padrão para entrada de arquivos TXT, sendo divididas em três colunas, a primeira contém as coordenadas meridianas (leste), na segunda estão contidas as coordenadas paralelas (norte) e na última são alocados os valores da variável (h).

2.2.1 Semivariograma

O semivariograma mostra a medida do grau de dependência espacial entre amostras ao longo de um suporte específico e para sua construção são usados simplesmente os valores obtidos assumindo-se uma ergodicidade nos incrementos, mostram também (Landim, 1998):

- O tamanho da zona de influência em torno de uma amostra, pois toda amostra cuja distância ao ponto a ser estimado for menor ou igual ao alcance fornece informações sobre o ponto;
- Anisotropia, quando os semivariogramas se mostram diferentes para diferentes direções de linhas de amostragem;
- Continuidade, pela forma do variograma, que para $h=0$ $\gamma(h)$ já apresenta algum valor. Essa situação é conhecida como *efeito pepita* (nugget) e é representada por C_0 . O efeito pepita pode ser atribuído a erros de medição ou ao fato de que os dados não foram coletados a intervalos suficientemente pequenos para mostrar o comportamento espacial.

O gráfico gerado é chamado de *semivariograma experimental*, o qual tem os seguintes parâmetros observados diretamente (Camargo, 1997):

- Alcance (α): distância dentro da qual as amostras apresentam-se correlacionadas espacialmente;
- Patamar (C): é o valor do semivariograma correspondente a seu alcance (α). Deste ponto em diante, considera-se que não existe mais dependência espacial entre as amostras, porque a variância da diferença entre pares de amostras ($\text{Var}[Z(x) - Z(z+h)]$) torna-se invariante com a distância;
- Efeito pepita (C_0): por definição, $\gamma(0)=0$. Entretanto, na prática, à medida que h tende para zero, $\gamma(h)$ se aproxima de um valor positivo chamado Efeito Pepita ($C_0>$). O valor de C_0 revela a descontinuidade do semivariograma para distâncias menores do que a menor distância entre amostras. Parte dessa descontinuidade pode ser também devida a erros de medição (Camargo apud Isaakss e Srivastava, 1997), mas é impossível qualificar se a maior contribuição provém de erros de medição ou da variabilidade de pequena escala não captada pela amostragem.
- Contribuição (C_1): é a diferença entre o patamar (C) e o efeito Pepita (C_0).

2.2.2 Krigagem

Segundo Landim (1998) a *krigagem* é um processo de estimação de valores de variáveis distribuídas no espaço a partir de valores adjacentes considerados como interdependentes pelo semivariograma, podendo ser usada para:

- previsão do valor pontual de uma variável regionalizada em um determinado local dentro do campo geométrico; é um procedimento exato de interpolação que leva em consideração todos os valores observados, e que pode ser a base para cartografia automática por computador quando se dispõe de valores de uma variável regionalizada disposto por uma determinada área;
- cálculo médio de uma variável regionalizada para volume maior que o suporte geométrico;
- estimação do drift, de modo similar à análise de superfícies de tendências.

Como o semivariograma é uma distância entre locais de amostragens, mantendo o mesmo número de amostras, os pesos serão diferentes de acordo com o seu arranjo geográfico, daí a necessidade das informações do semivariograma para a *krigagem*.

A *krigagem* é entendida como uma série de técnicas de análise de regressão que procura minimizar a variância estimada a partir de um modelo prévio que leva em conta a dependência estocástica entre os dados distribuídos no espaço. Na criação do mapa a partir dos dados *krigados*, a resolução é definida em

relação a aplicação e necessidade do usuário, que devem ser iguais a todos os planos de informação.

3 Resultados

A análise dos semivariogramas obtidos foi feita a partir da visualização do gráfico que melhor ajusta as observações a uma função. Para cada variável, foi realizada a análise de semivariograma, gerados pelo programa VESPER. Para que esse aplicativo produza os semivariogramas, é necessário informar o modelo matemático (esférico, exponencial, gaussiano, penta-esférico, circular com soleira, função *power*, circular, duplo penta-esférico, duplo esférico e duplo exponencial); número de lags e a distância máxima. O gráfico do semivariograma representa o comportamento da função, juntamente com as variáveis. Podem ser gerados vários tipos de semivariogramas a partir de diferentes parâmetros e modelos matemáticos, tendo sido selecionado aquele que melhor se ajusta aos dados, como mostra a figura 03a e 03b. A verificação do ajuste é feito visualmente, tratando-se, portanto, de um critério subjetivo. Esse procedimento foi realizado com as variáveis: produtividade da soja; teor de potássio e presença de cistos viáveis de nematóide de soja.

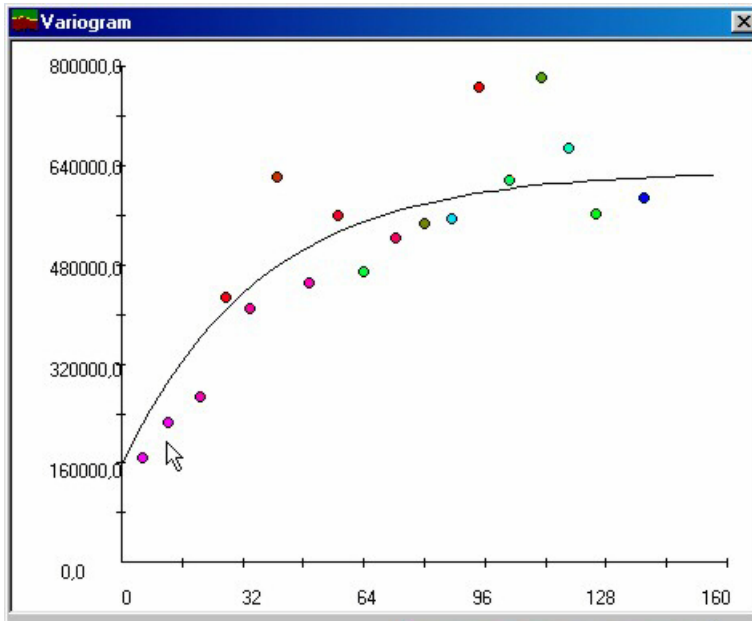


Figura 3a : Modelo aceito.

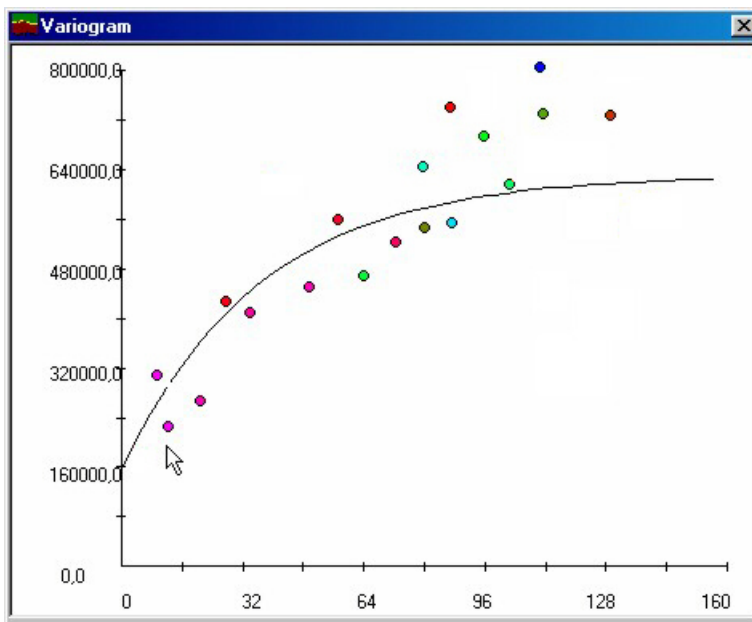


Figura 3b :Modelo rejeitado

A partir dos parâmetros ajustados ao modelo teórico, foi realizada a interpolação por *krigagem*. Através do qual foram gerados as superfícies representadas por Modelos Numéricos. Cada superfície foi submetida ao processo de fatiamento, convertendo o modelo numérico em mapa temático. O contradomínio de cada modelo forneceu o intervalo válido da variável, o qual foi dividido em intervalos iguais, gerando as classes temáticas mapeadas.

Carta de Produtividade da Soja

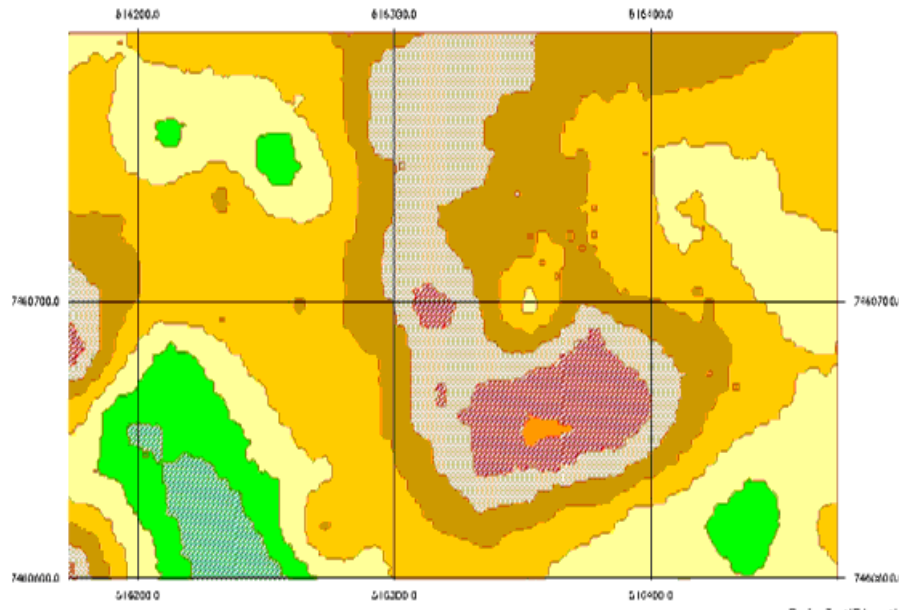


Figura 4a : Mapa de rendimento

Carta de Teor de Potássio

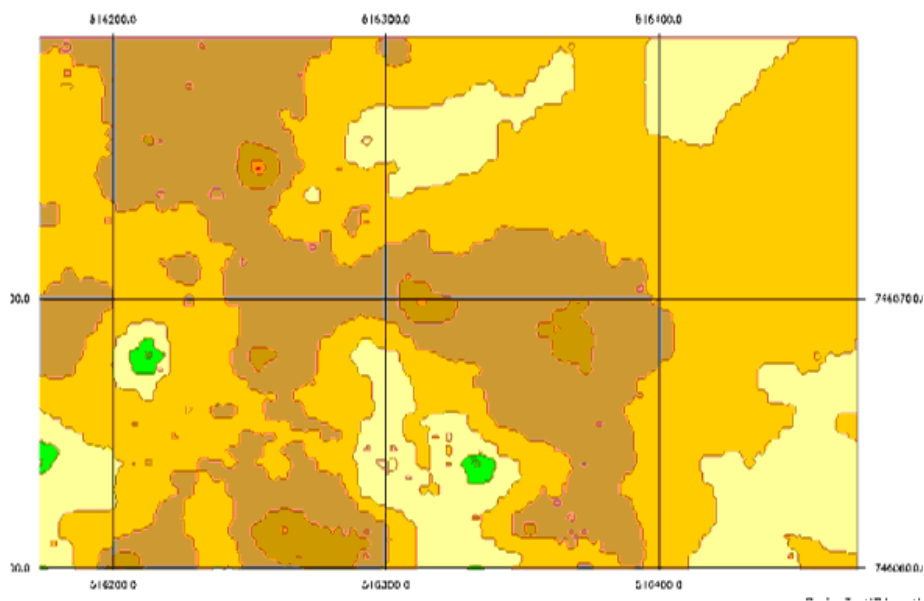


Figura 4b : Mapa do teor de Potássio

Carta de Teor de Potássio

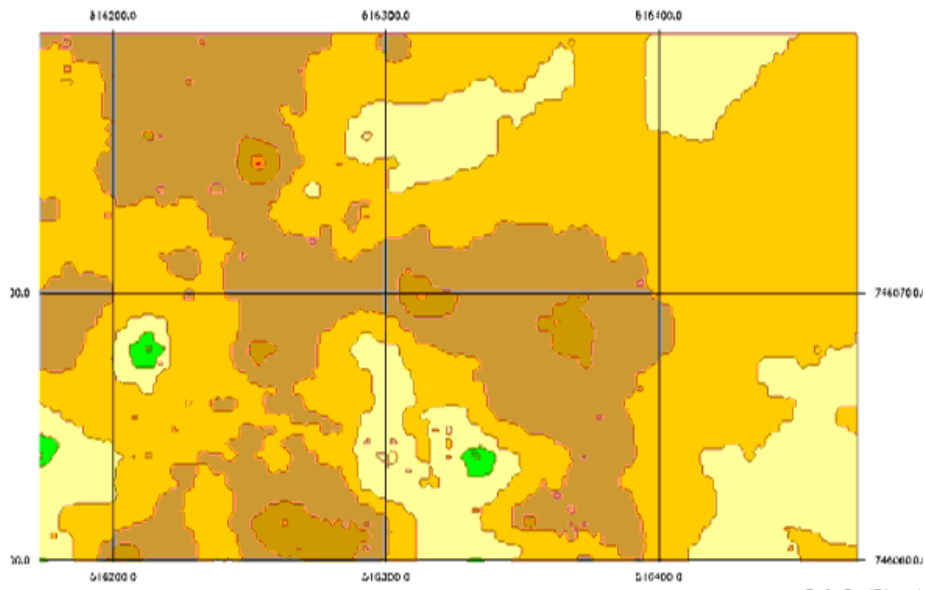


Figura 4c : Mapa de cistos viáveis

Nota-se, nos mapas acima, elevado grau de correlação entre a produtividade (figura 04a) e a presença de nematóides (figura 04c), sendo que as áreas de maior concentração de cistos viáveis apresentaram menor rendimento da cultura. No caso da relação entre o teor de potássio (figura 04b) e a produtividade, verifica-se uma aparente contradição, pois na região de maior produtividade, o teor de potássio está entre os menores valores. Entretanto, a necessidade de potássio na produção de soja é comprovada pelos pesquisadores de soja da Embrapa. Assim sendo, pode-se perceber que o teor de potássio da maior parte da área, está bem acima do necessário para um bom rendimento dessa cultura.

Os mapas gerados mostram alguns fatos já explicados pelos agrônomos com produção de soja. Como por exemplo a produtividade ter alta correlação com o nematóide. Porém, é possível estudar as influências das propriedades químicas ou físicas na presença dos nematóides, com base em modelos gerados a partir das ferramentas do Geoprocessamento.

4 Conclusão

A aplicação do Geoprocessamento na Agricultura de Precisão no Brasil demonstra a evolução da agricultura contemporânea do país. A partir da utilização de informações geográficas aliadas às técnicas agrícolas, os agricultores podem realizar o gerenciamento localizado dos recursos da produção.

O mapa da distribuição de cistos viáveis, mostra que o agricultor pode realizar um manejo de combate ao nematóide, nas áreas de maior concentração da praga, ao contrário do método tradicional de manejo, no qual toda a área de plantio deve ser tratada.

Por outro lado, o mapa de distribuição de teor de potássio demonstra que a concentração desse elemento excede o necessário ao bom rendimento da cultura de soja. Portanto, o agricultor poderia ter aplicado menor quantidade desse insumo na produção.

Esses resultados positivos foram obtidos com um grande número de elementos amostrais, sendo necessário desenvolver métodos que viabilizem a reconstrução das superfícies com um número mais reduzido de elementos amostrais. Pois o maior custo da implementação desse processo está na análise do solo pelos laboratórios especializados.

5 Referências Bibliográficas

- Assad, E. D.; Sano, E. E. :** Sistema de Informações Geográficas: aplicações na Agricultura, Planaltina: EMBRAPA – CPAC, 1993.
- Camargo, E. C. G. :** Desenvolvimento, implementação e teste de procedimentos geoestatísticos (Krigagem) no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING) – Dissertação de mestrado em Sensoriamento Remoto - INPE – São José dos Campos, 1997.
- Câmara, G., Medeiros, J. S.:** Geoprocessamento para projetos ambientais – São José dos Campos, 1996 – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- Gomes, J. E Velho, L.:** Computação Gráfica: Imagem, IMPA e SBM, 1994.
- Imai, N. N. :** Atualização de Informações Cartográficas: uma abordagem baseada em conhecimento, FFLCH/USP, São Paulo – 1996.
- Johnson, R. A.; Wicher, D. W.:** Applied Multivariate statistical analysis, 3^a edição, Simon & Schuster, New Jersey – 1982.
- Landim, P. M. B.:** Análise Estatística de Dados Geológicos, São Paulo – Fundação Editora Unesp, 1998.
- Leeds Polytechnic Faculty of Information and Engineering Systems:** Introduction to Systems Analysis and Design – Basic Lecture Notes, Department of Library and Information Studies, 1988.
- Monico, J. F. G; Silva, E. A; Silva, J. F. V; Garcia, A.; Pereira, J. E.; Dias, W. P.; Camargo, P. O.:** Monitoramento do Nematóide de Cisto da Soja – Revista GeoConvergência – Junho de 1999.
- Nativi, S.:** A conceptual modelling for the GIS developing. In: EGIS, copyright EGIS Foundation. 1994.
- Revista Fator Gis:** Agricultura de Precisão: A tecnologia de GIS/GPS chega às fazendas – www.fatorgis.com.br – março de 1998.
- Stafford J. V. :** Essential Technology for Precision Agriculture. In: ASA-CSSA-SSSA, Precision Agriculture Madson, Proceedings,, p. 595-604.
- Thomé, R.:** Interoperabilidade em Geoprocessamento: conversão entre modelos conceituais de sistemas de informação geográfica e comparação com o padrão OPEN GIS, INPE - São José dos Campos – SP -1998.
- Worboys, M. F.:** GIS – A computing Perspective, Department of Computer Science – University of Keele, Keele, UK - Taylor & Francis, 1995.