

AGRICULTURA DE PRECISÃO E O POTENCIAL DE TECNOLOGIAS INOVADORAS NO MANEJO INTEGRADO DE FITONEMATÓIDES.

Silva, E. A.¹; Garcia, A.²; Monico, J. F. G.³; Silva, J. F. V.²

¹ Convênio Embrapa Soja/Seab-PR, email: eduardo@cnpso.embrapa.br; ² Embrapa Soja, Cx. Postal 231, 86001-970, Londrina, Pr; ³ FCT-Unesp, Cx. Postal 957, 19060-900, P. Prudente, SP.

O desenvolvimento dos conceitos da agricultura de precisão remontam ao início da exploração da atividade agrícola pelo homem moderno, desde quando variações na topografia, no clima, nos tipos e características dos solos impunham restrições ambientais à produção ótima das culturas, em todas as porções da propriedade rural. Durante décadas a possibilidade de tratar sistematicamente estas variações foi desconsiderada, devido a inexistência de condições técnicas e operacionais adequadas. Em consequência disto, tanto as necessidades das culturas, quanto fato restritivos à produção, tais como a ocorrência de doenças, pragas ou plantas daninhas, foram tratados como se a regra fosse sua distribuição generalizada nas áreas de produção. No início deste século os conceitos da agricultura localizada foram retomados experimentalmente por Linsley & Bauer (1929), que observaram que as necessidades de calagem variavam no espaço, e desenvolveram metodologia para aplicação localizada do corretivo. Nas décadas subsequentes a sociedade mundial foi marcada por revoluções tecnológicas em diversas áreas do conhecimento, dentre elas a agricultura, na qual os seguintes fatores permitiram avanços inimagináveis: 1) mecanização do processo produtivo, 2) inovações biológicas que aumentaram a produção de plantas e animais, 3) uso de agroquímicos no controle de doenças e pragas e na nutrição das plantas, e mais recentemente, 4) "the information revolution", da qual a agricultura de precisão é uma consequência, (Nowak, 1997). Neste contexto, a intensificação do uso dos três primeiros destes fatores, no período 1930 a 1970, resultou na expansão das áreas de produção e na aplicação generalizada dos recursos (pesticidas, fertilizantes, corretivos, mão de obra, horas-máquina, etc.) desenvolvendo-se a cultura "da paisagem natural como um meio extremamente homogêneo". Surpreendentemente, nesta época, intensificava-se o estudo das principais espécies de nematóides fitoparasitas que prosseguiram causando danos às culturas no país. Dentre estas espécies poderiam ser ressaltadas nas culturas do milho *Meloidogyne incognita*, do algodão *Rotylenchulus reniformes*, da cana de açúcar *Meloidogyne javanica*, nos citrus *Tylenchulus semipenetrans*, no cafeeiro algumas espécies de *Meloidogyne* e na soja algumas espécies de *Meloidogyne* e mais recentemente *Heterodera glycines*. O que é surpreendente no caso destas espécies de nematóides fitoparasitas é que, via de regra, os principais danos causados às culturas iniciam-se de forma localizada, nas manchas ou reboleiras, ensejando a possibilidade da abordagem dos problemas nematológicos segundo o ponto de vista da agricultura de precisão. Desta forma, o objetivo deste trabalho é apresentar, de forma sucinta, o estado atual e algumas possibilidades de avanços no que se refere ao uso das tecnologias da agricultura de precisão no manejo integrado de nematóides fitoparasitas.

Conceitos da Agricultura de Precisão

Aplicar recursos com base nas variações da paisagem natural, com a diretriz de atingir a produção ótima das culturas é uma das premissas básicas da agricultura de precisão, entretanto só pôde ser implementada na prática, a partir de 1989, quando começaram a ser comercializados nos EUA, os primeiros equipamentos para posicionamento, (Ambuel et al., 1991). Simultaneamente, observou-se nesta época o acirramento da competitividade entre os mercados, com a consequente necessidade de redução dos custos e elevação da produtividade das culturas. A busca por incrementos na rentabilidade agrícola, associada à demanda mundial por reduções no impacto ambiental da agricultura convencional, motivaram a retomada das estratégias de gerenciamento localizado da produção na década de 1990. Convencionou-se denominar de Agricultura de Precisão, Localizada,

de Prescrição ou Agricultura em Taxas Variáveis, ao refinamento da exploração do processo produtivo agrícola, através do uso intenso da informação e tecnologias para identificar, analisar e manejar a variabilidade espacial e temporal dos fatores de produção. O objetivo das ações é otimizar a rentabilidade e a sustentabilidade das culturas, associadas à proteção ao meio ambiente. Stafford (1996), definiu-a como o direcionamento da aplicação dos recursos, para a produção agrícola com base na variabilidade espacial das necessidades das culturas.

Tecnologias de Suporte

A identificação, mensuração e tratamento da variabilidade espacial de fatores determinantes da produção das culturas só se tornou possível graças à possibilidade de Automação e monitoramento de diversas etapas do processo produtivo agrícola, que associada à utilização do Sistema de Posicionamento Global (GPS), de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e do Sensoriamento Remoto (SR), formaram o núcleo com as quatro principais tecnologias de suporte à agricultura de precisão. Estas tecnologias abriram novas perspectivas no monitoramento e controle localizado de variáveis do ambiente, das plantas e do solo, no nosso caso com ênfase aos nematóides fitoparasitas espacialmente relacionados com o rendimento das culturas. Entretanto, devido ao alto custo de sua implantação, o uso das tecnologias da agricultura localizada foi inicialmente orientado para sistemas de produção envolvendo culturas de exploração em escala e com alto valor agregado. **GPS** - A agricultura de precisão requer o uso intenso de Sistemas de Posicionamento; conforme observaram Stafford e Ambler (1994), diferentes sistemas podem ser utilizados, na prática o sistema mais difundido é o por Satélites (GPS-EUA/GLONASS-RUSSIA), que dão suporte à coleta sistematizada de dados georreferenciados. Dentre outras utilidades, esta tecnologia permite coletar posições com precisão submétrica, possibilitando o retorno às mesmas em diferentes épocas; sua tarefa é definir a posição "onde as coisas acontecem" no campo, ou seja, onde cada amostra de solo foi coletada, onde ocorrem os focos de uma determinada espécie de nematóide fitoparásita, ou onde foram registrados baixos rendimentos na cultura. A tecnologia GPS ou NAVSTAR-GPS (Navigation Satellite with Time and Ranging) é um sistema de rádio navegação desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos EUA (DoD-Department of Defense), visando ser o principal sistema de navegação das forças armadas americanas, Andrade e Blitzkow (1990). Em razão da alta exatidão proporcionada pelo sistema e do alto grau de desenvolvimento da tecnologia envolvida nos receptores GPS, uma grande comunidade usuária emergiu nas mais variadas aplicações civis, dentre as quais a agricultura de precisão. A idéia básica do princípio de navegação consiste da medida das chamadas pseudo-distâncias entre o usuário e quatro satélites. Conhecendo-se as coordenadas dos satélites num sistema de referência apropriado, é possível calcular-se as coordenadas da antena do usuário com respeito ao mesmo sistema de referência dos satélites. Devido à alta precisão obtida pelo sistema e a questões de segurança, o DoD norte-americano impõe sistematicamente sobre o sinal GPS dois processos de interferência, o AS (Anti-Spo ofing) e o SA (Selectivity Availability) que restringem a exatidão capaz de ser proporcionada pelo GPS. Este sistema de posicionamento consiste de três segmentos principais: Espacial, de Controle e dos Ususários. Uma vez que a prática da agricultura localizada requer precisão melhor do que 2.0 m, técnicas alternativas de posicionamento devem ser utilizadas, com ênfase ao GPS diferencial ou DGPS. Esta técnica foi desenvolvida visando reduzir a degradação imposta ao GPS com a introdução do SA e utiliza-se de uma estação base, de coordenadas conhecidas e uma estação móvel, que utiliza-se de informações de posições enviadas pela estação base, para ocupar as posições desejadas, (Teunissen, 1991). A precisão do DGPS é degradada em função do afastamento da base; para limitar tal degradação desenvolveu-se o conceito de WADGPS (Wide Area) (Mueller, 1994), que busca resolver as deficiências do DGPS, usando para tal uma rede de estações de referência. Silva et. al., (1998), avaliaram o uso do DGPS em tempo real como suporte ao monitoramento de atributos do solo numa propriedade rural, no município de Sertaneja (PR), e verificaram que a técnica foi adequada e permitiu, com um erro médio horizontal de 0.50 m, a reocupação de pontos de monitoramento na

lavoura, cujas leituras foram utilizadas para modelagem e mapeamento da fertilidade química do solo e dos níveis de infestação de *Heterodera glycines*. Atualmente, encontram-se á venda no país sistemas de posicionamento DGPS que apresentam um custo de U\$ 6.000 o receptor, mais uma franquia anual de U\$ 1.000, relativa á recepção das correções diferenciais via satélite de comunicação. **SIG** - O Sistema de Informação Geográfica, é um conjunto organizado de hardware, software (um banco de dados geográficos em meio digital) e pessoal treinado, sendo especialmente projetado para capturar, armazenar, atualizar, manipular, analisar e apresentar todas as informações georreferencia das, ESRI (1992). Este software pode ser uma ferramenta analítica poderosa, pois contém funções de análise espacial que relacionam as entidades (pontos amostrais, talhões, etc), estejam próximas ou distantes. Em outras palavras, o sistema permite determinar e indexar em uma posição específica do terreno cada fração dos dados coletados (topologia), a partir de informações prévias da área, da amostragem do solo, ou por sensores embarcados em implementos, ou nos equipamentos de monitoramento. Na prática, a topografia da propriedade, a disponibilidade de nutrientes, o rendimento das culturas, a distribuição de nematóides fitoparasitas na área e consequentemente os danos destes patógenos á cultura podem ser representados, no computador, em mapas de campo, assim como as necessidades de agroquímicos a serem aplicadas em cada ponto da área. A construção de mapas diagnósticos a partir dos dados coletados é tarefa da Geoestatística, um método de análise estatística espacial, que deve ser uma das rotinas integradas neste SIG. Entretanto, outras técnicas de simples representação da distribuição de nematóides fitoparasitas e seus níveis de infestação tem sido utilizadas, Otoboni et al., (1998). Estudos da variabilidade espacial de fatores relacionados com a produção agrícola foram realizados desde o início do século por diversos autores como Montgomery (1913) e Smith (1910), e foram consagrados por Matheron (1963), que desenvolveu a Teoria da Variável Regionalizada, descrevendo os fundamentos da Geoestatística. Esta técnica, descrita em detalhes por Isaaks e Srivastava (1989), tem se mostrado útil nos estudos de variações espaciais de propriedades do solo com os mais diversos propósitos (Vieira et al., 1983). Sua aplicação na Nematologia evidenciou-se ao final dos anos 1980, principalmente através de diversos trabalhos apresentados no "25th Annual Meeting Society of Nematologists", em 1987, nos EUA. Na sequência diversos trabalhos foram realizados ressaltando-se o de Webster & Boag (1992), na Escócia, que examinaram, á campo, aspectos da espacialização de *Globodera rostochiensis* e *Heterodera avenae*. Dentre as vantagens da utilização da Geoestatística poderíamos ressaltar seu uso na caracterização e modelagem da variabilidade espacial de nematóides fitoparasitas (Fig 1.), e outras variáveis do solo relacionadas ao rendimento das culturas infestadas. O grande potencial desta técnica é que de posse dos modelos (semivariogramas) e do armazenamento de dados de várias safras, torna-se possível a otimização de planos de amostragem para a área, gerar mapas ou simulações de níveis de infestação desses patógenos, ou de futuros danos esperados na cultura, principalmente para locais não amostrados.

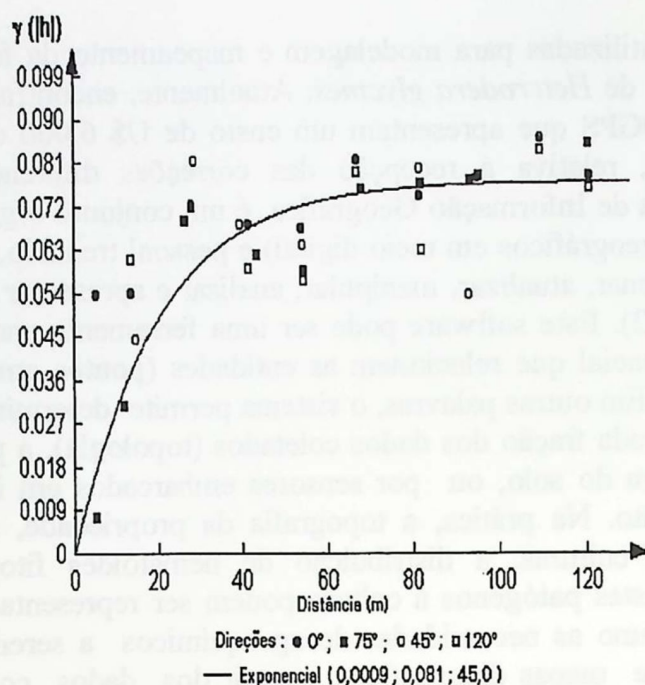


Fig 1. Semivariograma ajustado para densidades de cistos de *H. glycines* em latossolo roxo, PR.

Prosseguindo na abordagem Geoestatística de problemas nematológicos, Wallace & Hawkins (1994), nos EUA, quantificaram a variabilidade espacial na distribuição de *Aglenchus agricola*, *Pratylenchus penetrans*, *Heterodera trifolii*, *Tylenchorhynchus spp*, *Paratylenchus spp*. e *Criconemella sp.* e geraram, através de “krigeagem” ordinária, mapas de ocorrência destas espécies para a área em estudo. Recentemente, Evans et. al., (1999), na Inglaterra, estudaram a distribuição espacial de *Globodera pallida* e *G. rostochiensis* no solo, e geraram mapas de ocorrência destes patógenos, assim como mapas apontando as porções da área que deveriam receber tratamento localizado com nematicidas; os resultados acirraram discussões técnicas sobre formas de uso destas informações e suas perspectivas na redução de custos do manejo integrado destes patógenos. No Brasil, diversos autores procuraram descrever a distribuição de nematóides no solo (Gondim et al., 1997; Santos et al., 1997; Zito et al., 1997). Entretanto, a presença de dependência espacial e a necessidade de modelagem da variabilidade espacial nas contagens de nematóides no solo só foi apontada por Silva et al., (1998) (a), que geraram no país, através de “krigeagem” ordinária, os primeiros mapas para a distribuição de cistos viáveis de *Heterodera glycines*. Embora estes trabalhos ratifiquem a possibilidade de mapear a ocorrência destes patógenos, a informação gerada somente será otimizada se manipulada através do SIG e associada a outros planos de informação, tais como o mapeamento do rendimento das culturas e de outras variáveis do solo. Entretanto deve-se ressaltar que mesmo atendendo a critérios de acurácia e precisão estes mapas podem não conduzir a resultados satisfatórios, uma vez que dependendo do método de coleta, método de análise laboratorial, processamento e análise estatística e ainda o ano ou safra, os resultados podem variar, sendo que somente informações complementares do histórico da área e o armazenamento e manipulação de séries temporais permitirão interpretar com correção as informações de campo. De posse dos dados, estruturados em diferentes planos de informação, ou mapas, (Fig 2.), o SIG deve dar suporte à tomada de decisões técnicas e econômicas referentes à seleção das operações de manejo mais adequadas. Atualmente estão disponíveis no mercado brasileiro diversos softwares para o desenvolvimento de SIG's, dentre os quais ARC-INFO (ESRI, USA); ArcView (ESRI, USA); dbMapa (Maxi Data, Brasil), Natural Geographic (Software AG, Espanha) e Spring (Engespaço,

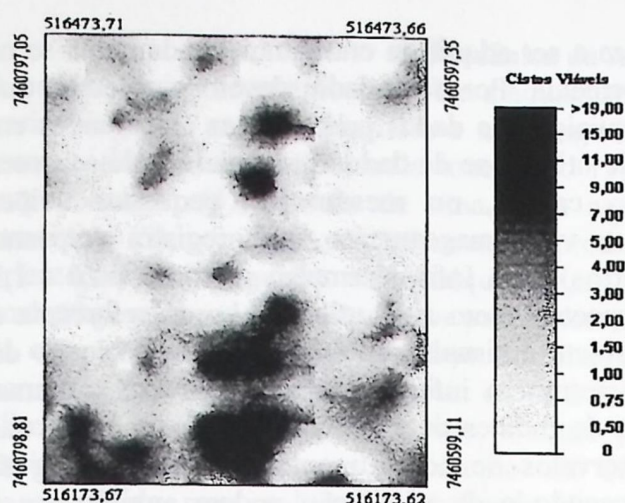


Fig 2. Cistos de *H. glycines* no solo, ao final da safra de soja (cv abyara), em latossolo roxo, PR.

Brasil) poderiam ser utilizados, com diferentes restrições, como plataforma para a implementação de um SIG específico para a agricultura.

SR - O Sensoriamento Remoto pode ser definido como a ciência de observação à distância, de acordo com Barrett e Curtis (1992). Esta técnica contrasta com o sensoriamento *in situ*, onde os objetos são medidos e observados no local onde ocorrem, desta forma caracteriza-se pela ausência de contato físico entre o sensor (câmara fotográfica, satélite) e o alvo (a planta). Encerradas em si mesmas, as imagens provenientes do sensoriamento remoto pouco representam, necessitando serem processadas digitalmente por modernos softwares e hardwares a fim de extrair das mesmas o maior volume de informações possível. Dentre os softwares de sensoriamento remoto atualmente disponíveis, Erdas, ErMapper, Spring, PCI e Caris permitem o processamento digital das imagens selecionadas, assim como, alguns deles permitem a adequação destas imagens para inserção num SIG. Segundo Jensen (1986), denomina-se processamento digital de imagens ao conjunto de procedimentos relativos à manipulação e análise de imagens por meio do computador. Entretanto, o resultado deste processamento é razão direta da resolução (espacial, espectral e temporal) característica da imagem original. A resolução espacial diz respeito à menor área específica de um ponto de interesse, distinguível na imagem. Para o entendimento da resolução espectral é preciso considerar-se o espectro eletromagnético, que consiste de todos os comprimentos de ondas da energia eletromagnética que podem compor uma imagem; de vital importância para o SR é a faixa compreendida entre 0,2 e 4,0 micrometros (μm). Neste intervalo encontram-se subdivisões ou bandas caracterizando o ultra violeta, de 0,2 a 0,4 μm ; o visível, de 0,4 a 0,7 μm ; o infra-vermelho próximo, de 0,7 a 1,3 μm ; o infra-vermelho médio, de 1,3 a 3 μm e o infra-vermelho termal, de 3,0 a 4 μm . Esta resolução pode ser entendida como a amplitude de variação da energia que é refletida, absorvida e transmitida a partir de um objeto ou região da superfície. A resolução temporal por sua vez, refere-se ao intervalo de tempo compreendido entre a aquisição de imagens consecutivas sobre um mesmo ponto na superfície. Resumidamente, as aplicações do SR na agricultura envolvem a detecção da energia eletromagnética, tais como luz e calor, contidas/emitidas pelo objeto em estudo. Em decorrência disto sensores podem medir esta energia em diversos comprimentos de onda e produzir informações adicionais sobre alterações na cultura, que de outra forma não poderiam ser detectadas a olho nu. Convencionalmente, os satélites são considerados como os principais artefatos de suporte ao SR e confundem-se com a história desta técnica. Dentre os sistemas em uso, o Landsat TM-7 (NASA-1972) e o SPOT (Système Probatoire de l'Observation de la Terre - 1978) são os

mais frequentemente utilizados; a seleção da imagem a ser adquirida entretanto, fundamenta-se na resolução (espacial, espectral e temporal) pré-estabelecida. Por outro lado, devemos entender que além dos satélites, os sensores responsáveis pela aquisição de dados podem estar embarcados em outros artefatos. Assim, a agricultura localizada pode utilizar-se de dados provenientes de sensores instalados no trator, em plataformas móveis no campo, ou mesmo em pequenos aviões (fotogrametria e videografia), com ênfase para o videoimageamento, que registra respostas espectrais nas faixas do visível (380 a 720 nanômetros) e do Infra-Vermelho próximo (720 a 1,3 nanômetros). No caso da videografia a resposta espectral tem sido utilizada como referência a reflexão observada ao longo do espectro quando o objeto é visualizado repetidamente ao longo do tempo. A maioria dos sensores aerotransportados permitem inferir sobre o vigor das culturas, biomassa e cobertura vegetal, com base no cálculo de índices de vegetação obtidos a partir das respostas espectrais das plantas em diferentes intervalos de comprimentos de onda, Yang & Anderson (1999). Na prática, imagens do solo desnudo e da vegetação podem auxiliar-nos a explicar padrões observados nos mapas de rendimento das culturas e caracterizam-se como uma fonte adicional de dados sobre o objeto em estudo, havendo perspectivas para seu uso no diagnóstico e monitoramento de problemas nematológicos. O potencial do SR caracteriza-se pelo fato de que de posse das imagens, os usuários da agricultura localizada podem obter informações sobre as condições de desenvolvimento da lavoura, permitindo-lhes subdividir a propriedade em áreas homogêneas e definir planos de amostragem menos intensos. Entretanto, apesar do fácil acesso e custo relativamente baixo do SR, estamos lidando com tecnologias complexas que requerem treinamento e o desenvolvimento de metodologias específicas para sua aplicação, por exemplo na Nematologia. Neste contexto, metodologias de SR desenvolvidas para avaliação do rendimento da soja e do milho, nos EUA, não obtiveram o sucesso esperado uma vez que a resposta espectral de volumes variáveis de biomassa e variações fenotípicas entre cultivares comprometeram o estabelecimento de boa correlação com o rendimento destas culturas, (Johannsen, et al., 1997). Atualmente, apesar da possibilidade de detecção da presença de estresse fisiológico numa lavoura, ainda não é possível, exclusivamente através do SR, identificarmos com segurança, qual a natureza destas alterações, se são devidas a doenças, a ataques de insetos, ou à falta ou excesso de água ou nutrientes. Entretanto, identificamos os locais do campo onde estas alterações ocorrem. Através do SIG e utilizando-se de informações adquiridas através de outras técnicas é possível proceder-se análises mais detalhadas sobre o problema. Um melhor entendimento das relações entre sintomas visíveis e invisíveis a olho nu, na parte aérea das plantas e os processos fisiológicos envolvidos no desenvolvimento das plantas e destes sintomas permitirá ratificar a importância do sensoriamento remoto, principalmente na banda do infra-vermelho, como uma ferramenta básica para a implementação do manejo integrados de nematóides fitoparasitas. *AP (Aplicação Localizada/Automação-)* - O desenvolvimento de uma nova geração de maquinários e implementos agrícolas enriquecidos com diversos mecanismos eletro-eletrônicos (válvulas de controle, sensores, atuadores, etc), conectados e coordenados por computadores embarcados, caracterizam-se como os produtos da mecatrônica, sem os quais, a agricultura localizada não existiria. Dentre outras funções estes sistemas são responsáveis pela mensuração de variáveis de interesse (ex. o rendimento das culturas), aquisição e armazenamento de dados (ex. o pH do solo), e execução á campo de operações pré-definidas (ex. aplicação localizada de fertilizantes). O avanço tecnológico embutido nestas funções associado ao seu posicionamento, obtido através da conexão destes maquinários com unidades DGPS, e complementarmente seu gerenciamento através de aplicativos específicos (SIG), caracterizam parte do grande potencial destas novas tecnologias, permitindo fechar o ciclo da cadeia com os cinco eventos primordiais da agricultura localizada. Enfim, a integração de GPS, SIG e AP, fornecem a chave para tomar decisões com base na variabilidade espaço-temporal dos fatores de produção, que é possuir informações adequadas e confiáveis.

A Mecânica da Agricultura de Precisão

A cadeia básica de eventos envolve a aquisição de dados sobre o rendimento das culturas e outras variáveis (1); a análise, diagnose e modelagem de fatores de restrição ao rendimento ótimo (2); a tomada de decisão do controle localizado (3); a avaliação da eficiência e eficácia do controle implementado (4), através de uma nova aquisição de dados e o realinhamento do processo produtivo (5), com base nas informações produzidas. Na prática, o GPS possibilita a localização e orientação das máquinas em qualquer lugar do campo, por exemplo, durante a colheita ou na amostragem do solo. Se um sensor para detectar a produtividade for instalado na colhedora, ao final da operação pode-se gerar um mapa do rendimento da cultura, da mesma forma que um mapa da ocorrência de nematóides a partir da amostragem do solo. Estas e outras informações podem alimentar um SIG da propriedade, o qual permitirá analisar vários aspectos relacionados às variações observadas no rendimento da cultura em questão. A utilização de maquinaria desenvolvida para aplicação localizada dos insumos (em locais e doses pré-definidas), deve possibilitar o controle dos fatores de restrição. Podemos afirmar que segundo os princípios da agricultura localizada, todas as ações de diagnóstico sobre um problema, sua análise e a tomada de decisão sobre seu controle devem convergir para ações localizadas, orientadas para pontos específicos ou subregiões da lavoura. No entanto, a implementação desta estratégia, ainda apresenta limitações referentes à necessidade de desenvolvimento de recursos humanos, à complexidade e à pronta disponibilidade destes sistemas para uso, seu custo atual e a difícil conectividade entre as diferentes tecnologias necessárias. Assim, critérios técnicos-científicos tornam-se fundamentais na definição de qual é a ferramenta mais correta a ser utilizada, dependendo do caso que se analisa.

Demandas para Novas Pesquisas

1. Desenvolvimento de métodos expeditos para quantificação de nematóides no solo;
2. Caracterização e modelagem da variabilidade espacial de espécies chaves, de nematóides fitoparasitas, danosos às culturas econômicas;
3. Desenvolvimento de métodos indiretos, para quantificação de nematóides no solo e mensuração de seus danos, utilizando-se sensoriamento remoto e procedimentos estatísticos;
4. Aprimorar metodologia para avaliação da área comprometida por determinadas espécies de nematóides fitoparasitas;
5. Avaliação da viabilidade técnica da introdução dos conceitos da aplicação localizada, para os casos nos quais nematicidas são recomendados;
6. Desenvolvimento de sistemas de suporte à tomada de decisões de manejo e controle destes patógenos;
7. Estabelecimento de programas de manejo integrado de nematóides fitoparasitas que considerem a possibilidade de uso integrado das tecnologias da agricultura localizada.

LITERATURA CONSULTADA

- AMBUEL, J.; COLVIN, T.S.; JEYAPALAN, K. (1991) Satellite based positioning system for farm equipment. SAE Trans., J. Commercial Vehicles, 100-2:323- 9.
- ANDRADE, J.B.; BLITZKOW, D. (1990) NAVSTAR/GPS - Uma nova era para o posicionamento. Geoprocessamento. EP - USP. São Paulo. pp 189 - 95
- BARRETT, E.C.; CURTIS, L. (1992) Introduction to environmental remote sensing. Londres : Chapman e Hall.
- ESRI. (1992). Environmental systems research institute, ArcView-User's Guide. Redlands.

- EVANS, K.; WEBSTER, R.; BARKER, A.; HALFORD, P.; RUSSELL, H.; STAFFORD, J.; GRIFFIN, S. (1999) Mapping infestations of potato cyst nematodes and the potential for patch treatment with nematicides. 2th European Conference on Precision Ag., 505-15 , DIN.
- GONDIM, J.B.; SANTOS, M.A.; WERLANG, R.C. (1997) Distribuição horizontal de *Heterodera glycines* em uma reboleira de soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, XX, GRAMADO. Resumos, p 58.
- ISAAKS, E.H.; SRIVASTAVA, R.M. (1989) An introduction to applied geostatistics. Oxford University Press. New York, NY.
- JENSEN, J.R. (1986) Introductory digital image processing.
- JOHANNSEN, C.J.; ARVIK, J.H.; BERLUNG, J.A. (1997) Information requirements for precision farming: the next decade. American Technology no. 1, p 18-21.
- LINSLEY, C.M.; BAUER, F.C. (1929) *Circular 346*. Illinois Agricultural Experiment Station.
- MATHERON, G. (1963) Principles of geostatistics. Economic Geology, **58**:1246-1266.
- MULLER, T. (1994) Wide area differential GPS, *GPS World*, June 1994, pp. 36-44
- MONTGOMERY, E. G. (1913) Experiments in wheat breeding: experimental error in the nursery and variation in nitrogen and yield. USDA/Bureau of Plant Industry Bulletin 269, 61 p
- NOWAK, P. (1997) A Sociological analysis of site specific management. In (ed) F.J. Pierce, and E. J. Sadler. The State of SSM for Agriculture. ASA, Madison, WI. p. 397-422.
- OTOBONI, C. E. de M.; MORAES, A.S.; LOURENÇO, S.; BONNI, E.C.; COSTA, D.A. (1998) Distribuição e níveis de infestação de nematóides em cafezais (*Coffea arabica* L.) da Fazenda Esmeralda em Vera Cruz, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, XXI, MARINGÁ. Resumos, p 26.
- SANTOS, M. A.; CUNHA, L. C. V.; WERLANG, R. C. (1997) Comparação entre metodologias de amostragem de solo em experimento de cam po com *Heterodera glycines*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, XX, GRAMADO. Resumos, p 62.
- SILVA, E.A.; MONICO, J.F.G.; CAMARGO, P.O.; SILVA, J.F.V.; GARCIA, A. (1998) O GPS como suporte a monitoramento de *Heterodera glycines*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, XXI, MARINGÁ. Resumos, p 65.
- SILVA, E.A.; GARCIA, A.; MONICO, J.F.G.; SILVA, J.F.V.; PEREIRA, J. E.; DIAS, W. P.; CAMARGO, P.O. (1998) (a) Surveying and monitoring as a basis of management of soybean cyst nematode (SCN) in oxisols at Sertaneja county, Parana state, Brazil. In: XXX Reunión Anual de la Organización de Nematólogos de los Trópicos Americanos, Mendoza, Argentina. Resumos. p 24.

- STAFFORD, V.J. (1996) Essential technology for Precision Agriculture pp. 595-604 In P. C. Robert et al., (eds.) 1996. Proc. 3rd International Conference. ASA, Madison, USA.
- STAFFORD, V.J.; AMBLER, B. (1994) In-field location using GPS for spatially variable field operations. Computers and Electronics in Agriculture, v. 11, p. 23-36. USA.
- TEUNISSEN P.J.G. (1991) DGPS: Concepts and quality control, Invited paper for the Netherlands Institute of Navigation (NIN), Delft Geodetic Centre\ The Netherlands.
- VIEIRA, S.R.; HATFIELD, J.L.; NIELSEN, D.R. (1983) Geostatistical Theory and application to variability of some agronomical properties. Hilgardia, 51(3), 1-75
- WALLACE, M.K.; HAWKINS, D. (1994) Applications of geostatistics in plant nematology. Journal of Nematology, 26(4S):626-34.
- WEBSTER, R.; BOAG, B. (1992) Geostatistical analysis of cyst nematodes in soil. Journal of Soil Science, 43: 33, 583-595.
- YANG, C.; ANDERSON, G.L. (1999) Airborne videography to identify spatial plant growth variability for grain sorghum. Precision Agriculture, 1: 1, 67-79.
- ZITO, R.K.; ARANTES, N.E.; FRONZA, V.; SILVA, O.C.N. (1997) Número de amostras para estimar, com diferentes graus de precisão, a população de *Heterodera glycines*. In: XIX REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL. Jaboticabal, Resumos, p 210