

Avanços na pesquisa sobre agricultura de precisão no Brasil

Evandro C. Mantovani
Embrapa Milho e Sorgo

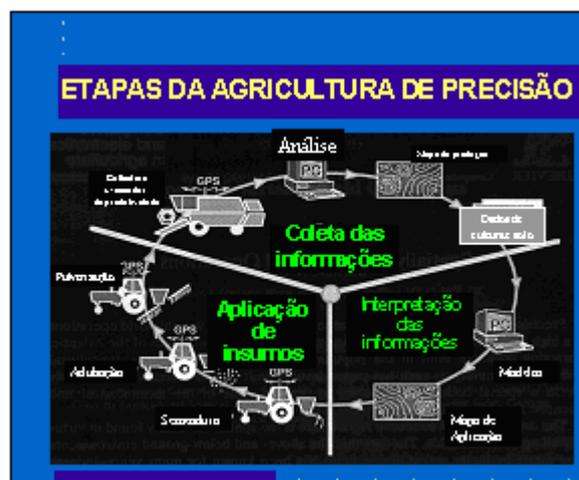
evandro@cnpms.embrapa.br <<mailto:evandro@cnpms.embrapa.br>>

Caixa Postal 151 -Rod. MG 424 km 65
35701-970-Sete Lagoas-MG

INTRODUÇÃO

A partir de 1997, o agricultor brasileiro teve acesso aos equipamentos de colheita mecânica com o sistema de mapeamento de produtividade da cultura do milho e soja, o que vem possibilitando uma análise mais criteriosa da variabilidade espacial da produtividade nos campos de produção.

Esta tecnologia, por vários anos, foi destacada no Brasil como um dos principais avanços da agricultura de precisão para os diferentes usuários em várias regiões do país. Entretanto, esta inovação tecnológica, além de ser uma excelente ferramenta de gerenciamento dos campos de produção é somente, a primeira etapa do ciclo de agricultura de precisão. A segunda etapa, caracterizada como a de análise dos dados coletados no campo, são apresentados pelos especialistas em mapas, que através destes são feitas as recomendações de intervenções, nas áreas de produção. A ação de intervenção nos locais de produção é caracterizado como a terceira etapa do ciclo, que pode ser desde uma formulação de fertilizante mais adequada, uma mudança de um cultivar mais adaptada até uma atividade visando melhorar as condições físicas do solo, para reduzir a compactação do solo.



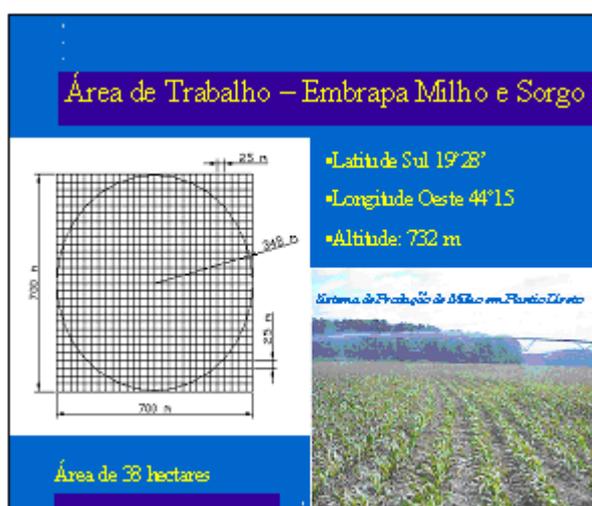
Entretanto, esta terceira fase ainda não ocorreu totalmente, pela falta dos equipamentos no mercado brasileiro para a sua implementação e também, pela falta de critérios mais eficientes, na definição de parâmetros de classificação dos níveis de produtividade, em classes estáveis de produção. Para tanto, esta classificação, demandaria um tempo maior, de pelo menos 3 anos de mapas de produtividade/campo de produção, para termos a variabilidade temporal dos campos de produção. Larscheid et al (1997) comentam que decisões de gerenciamento de uma propriedade agrícola podem ser divididas em 3 tipos: a primeira, decisões de longo prazo, considerando adotar na fazenda, estratégias como rotação de cultura, a segunda, decisões intermediárias que tem a ver com a próxima época de plantio e a terceira, decisões

de curto período, considerando a safra em curso, durante o período de crescimento. Portanto, este trabalho a ser apresentado contribuirá para o estabelecimento de bases técnicas e gerar informações e metodologias em agricultura de precisão, visando o conceito de sustentabilidade da agricultura comercial.

Palavras-chaves: Agricultura de precisão, mapas de produtividade, mapas de lucratividade, variabilidade espacial, variabilidade temporal, padrões de produção

II. RESUMO DOS RESULTADOS

Para a análise e estabelecimento de padrões de produção, um sistema de produção de milho, em plantio direto, vem sendo acompanhado durante os 3 anos do projeto, numa área piloto de 38 hectares, com Latossolo Vermelho Escuro (Ld), textura argilosa, irrigada por um sistema pivô central, localizado na Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, latitude sul 19° 28', longitude Greenwich oeste 44° 15' e elevação de 732m acima do nível do mar. A área foi cultivada nos últimos 5 anos com feijão e milho, em sistema de rotação, sendo metade da área com sistema convencional de cultivo e a outra metade, com sistema de plantio direto.



No primeiro ano (1999/2000), o milho foi plantado em toda área, onde foi obtido o primeiro mapa de produtividade, com o equipamento de colheita da Massey Ferguson, Automotriz MF-34, equipada com o sistema Field Star, em parceria com a AGCO do Brasil. No segundo ano agrícola (2000/2001), a mesma área foi dividida ao meio, sendo a metade superior plantada com a cultura da soja e a outra metade inferior, cultivada com a cultura do milho. O mesmo sistema de plantio direto foi usado em toda área para as duas culturas. Desta forma foi obtido, com o mesmo equipamento de colheita, o 2º mapa de produtividade de milho e o 1º de soja. Agora, no terceiro ano agrícola, a área voltou a ser cultivada, em toda a sua extensão com a cultura do milho, para possibilitar comparações de padrões de produção, durante os 3 anos e verificar a variabilidade espacial e temporal do sistema de produção.

Além disso, dispositivos de microeletrônica, técnicas de microprocessamento e sensores estão sendo estudados para permitir o monitoramento das variáveis dos sistemas de produção, visando a identificação da variabilidade espaço-temporal, para posterior tratamento e recomendação de estratégias de manejo sítio específico. Sendo assim, dois grandes campos de interesse para a apresentação dos resultados foram obtidos no período, sendo eles: o mapeamento por sensores fixos e dinâmicos e o

mapeamento por inspeção visual e sensores portáteis.

O mapeamento e monitoramento da área colhida foram produzidos através das informações recebidas dos sensores instalados na colheitadeira e processados pelo GIS, referenciados por um sistema de posicionamento (GPS) e integrado ao sistema de armazenamento de dados de produtividade. Um fato importante a ser considerado nestes mapas é a indicação da variabilidade espacial e temporal do terreno, mostradas por diferenciação de cor, de modo a indicar as intervenções a serem feitas posteriormente, serão de forma diferenciada.

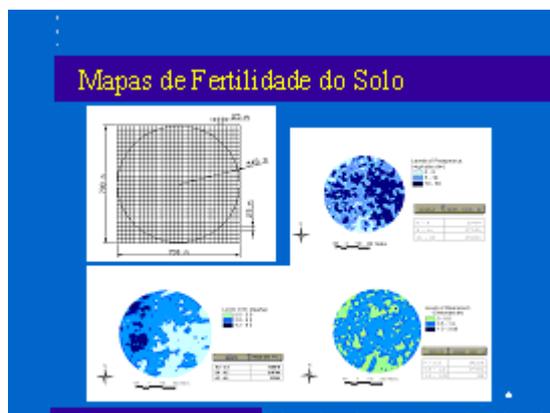
Uma das técnicas que vem ganhando a atenção de técnicos e pesquisadores é a utilização de análise de imagens obtidas dos campos de produção. A aquisição destas imagens podem ser feitas tanto através de fotografia aérea como através de câmeras de vídeo instaladas nas máquinas agrícolas. Por meio do uso de fotos aéreas, o projeto está trabalhando com metodologias de sensoriamento remoto para identificar áreas do campo de produção que podem estar submetidas a estresse hídrico ou estresse, oriundo da falta de nutrientes ou ainda de áreas onde exista ataque de pragas ou doenças. A partir da identificação dessas áreas problemas, pode-se definir um mapa de aplicação de tal forma a sanar os problemas existentes. Para atingir esse objetivo estão sendo desenvolvidas metodologias para aquisição, processamento e análise de imagens de culturas atacadas por pragas, doenças, infestadas por plantas daninhas, plantas submetidas a stress hídrico e de nutrientes tanto em laboratório como no campo.

Na avaliação de sistemas de produção agrícola das áreas agrícolas remotas, uma das principais dificuldades encontradas é a medida e o registro de determinadas características físico-químicas e biológicas. Isto tem sido a razão dos maiores problemas que os técnicos e agricultores enfrentam para traçar estratégias de manejo destes sistemas. Acompanhar o crescimento e desenvolvimento de uma cultura com o monitoramento direto, em condições de campo, é uma das ações imprescindíveis para o projeto, na tomada de decisões e o estabelecimento de critérios, visando o manejo racional, a sustentabilidade e a preservação do meio ambiente. Como parte das metas do projeto, avaliou-se a possibilidade de empregar a estrutura desenvolvida nos 5 subprojetos para os trabalhos de P&D em agricultura de precisão, em 3 áreas de produção de milho e soja, na região Centro-Oeste, com o objetivo de estudar a variabilidade espaço-temporal dos sistemas de produção dessa região. Dificuldades financeiras para conduzir este trabalho em 3 locais diferentes, fez com que o grupo optasse por uma única área de 115 ha no Mato Grosso do Sul. A fazenda fica situada no município de Sidrolândia, MS, região sul do estado de Mato Grosso do Sul, a 15 km do mesmo município, no sentido Sidrolândia a Nioaque.

Para o trabalho de monitoramento desta área foram instalados em uma camionete Ford-Ranger (Laboratório Móvel) coletores automáticos de dados, antenas de GPS/DGPS para as medições de atributos do sistema de produção com georreferenciamento. Neste segundo ano do projeto, os módulos de: 1) georreferenciamento de amostragem e navegação, 2) de caracterização das condições climáticas locais, 3) de condutividade elétrica dos solos e 4) de mapeamento da fertilidade do solo foram instalados e utilizados nos acompanhamentos realizados, na Fazenda Recanto, em Sidrolândia, MS. Os outros módulos, estarão sendo instalados no ano 2002, para os trabalhos de acompanhamento da cultura de milho, no período de safrinha.

Os resultados obtidos até então pelo laboratório móvel, foram analisados em mapas

georreferenciados e estão sendo utilizados para a elaboração das estratégias de monitoramentos das áreas em estudo, como por exemplo, as Zonas de Manejo, no pivô de 38 hectares em Sete Lagoas, MG e na área de 115 ha, da Fazenda Recanto, em Sidrolândia, MS. A etapa seguinte em curso, foi o estabelecimento de estratégias de gerenciamento do sistema de produção, que em Sete Lagoas está sendo feito na cultura do milho e em Sidrolândia, com a cultura da Soja. Este trabalho está sendo acompanhado desde o plantio e encerrará na colheita, para o estabelecimento de padrões de produção, das áreas de produção estudadas.



Por outro lado, torna-se necessário a organização e armazenamento das informações em cada ciclo de produção para que estas sejam utilizadas como base na tomada de decisão dos próximos ciclos. Para que se obtenha a componente espacial em Agricultura de Precisão a aquisição dos dados é acompanhada pela presença de um equipamento de posicionamento global, Global Positioning System ou GPS. Podemos citar, p. ex., que as colhedeiras preparadas para este tipo de tecnologia, além do GPS, possuem um sistema para medir e registrar a produtividade em cada local que passa. Já os implementos agrícolas dotados de sistemas de aplicação variável são dotados de GPS e controle automático nos seus dosadores, para que recebam um mapa de aplicação contendo o registro de qual a quantidade a ser aplicada em cada local do campo. A organização de toda esta diversidade de informações não pode se restringir aos data-loggers dos GPS (dados registrados durante a utilização do GPS), arquivos de planilhas ou arquivos de imagens, mas deve ser organizada em um banco de dados projetado especificamente para este fim. Desta forma, um sistema de informação para produção agrícola deve tomar especial atenção para a dimensão temporal dos dados. Sendo assim, o projeto está trabalhando para organizar o banco de dados das informações, na dimensão temporal, e na dimensão espacial dos dados. Além disso, é imprescindível que se registre as localizações das posições onde foram capturados os dados, os atributos e os valores mensurados nestas posições, como também registrar o momento cronológico em que estes dados foram adquiridos. A organização de toda esta diversidade de informações está sendo concretizada na formação de um banco de dados projetado especificamente para este fim.

Finalmente, é importante ressaltar que a qualidade dos resultados de pesquisa que estão sendo obtidos até então neste projeto, é fruto da adequação de esforços e estrutura de trabalho de todos pesquisadores envolvidos, de forma integrada e multiinstitucional, envolvendo a participação das equipes de pesquisa da Embrapa Milho e Sorgo, Embrapa Instrumentação Agropecuária, Embrapa Informática Agropecuária, UNICAMP/FEAGRI,

III. DIFICULDADES DE ADOÇÃO

No Brasil, a transferência de tecnologia tem ocorrido de maneira direta, através das empresas internacionais aqui estabelecidas, que comercializam os seus produtos para a agricultura. Como resultado desse processo de transferência, estamos assistindo a uma modificação tecnológica nos equipamentos e metodologias que estão sendo colocados no campo, em um curto espaço de tempo, sem a participação de diferentes segmentos da sociedade, como, Universidades, Centros de Pesquisa, Extensão Rural e Agricultores. O País perde o poder de competitividade e, ao mesmo tempo, há necessidade de trabalhar de maneira rápida todo o sistema, com ações planejadas e integradas, para reduzir essa deficiência e, ao mesmo tempo, ter cuidado para não cair no erro de somente acompanhar o processo. Agricultura de Precisão, é um exemplo claro disto, com um conceito inovador de agricultura que começou a ser disponibilizado recentemente no mercado brasileiro, o que demandará uma ação rápida e integrada para a adaptação e a correta recomendação de uso da tecnologia. Apesar da agricultura de precisão ser um tema relativamente novo, muitos avanços têm sido obtidos nos países desenvolvidos, principalmente em máquinas e implementos que permitem o manejo localizado.



O foco da nova revolução que representa a Agricultura de Precisão está na aplicação do conceito de utilização de técnicas e estratégias que visem minimizar perdas, com o uso da precisão dessa tecnologia, que permite a localização com o mínimo de erro, através do uso do GPS e LPS. Assim, os sistemas de manejo tradicionais, com o ineficiente tratamento de variabilidade de fatores que afetam a produção (fertilidade, umidade, controles fitossanitários etc.), pela média de extensas áreas de produção, pode dar lugar a estratégias econômicas e ecologicamente mais eficientes, como, por exemplo, o tratamento de variabilidade sítio-específico.

O nível tecnológico aplicado ao sistema de produção de uma determinada cultura, varia de uma propriedade para outra e, conseqüentemente, o valor de uma produtividade isoladamente, mostrando a variabilidade espacial, não seria eficiente, para determinar o padrão de produção. Por isso, há necessidade de complementar a análise de produtividade, com mapas de produtividade de pelo menos 3 anos, para se conhecer a variabilidade temporal e de acrescentar a avaliação econômica nos mapas

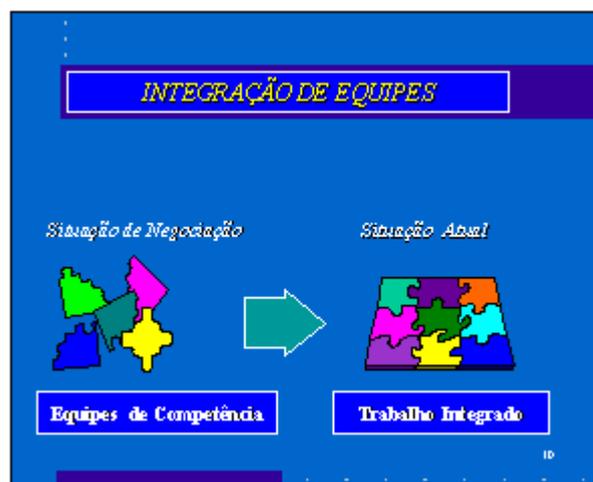
de produtividade, visando estabelecer o custo de produção por área.

Os problemas resultantes da variabilidade espacial, mesmo em áreas mais extensas, podem ser contornados com o uso de técnicas de instrumentação e automação de processos e sistemas agrícolas para o controle e a sistematização de coleta e uso de dados e informações. Daí a necessidade de realização de pesquisas, no sentido de reverter este quadro, buscando alternativas para o desenvolvimento da instrumentação e automação de sistemas agrícolas, visando a aplicação de insumos agrícolas nos locais corretos e nas quantidades requeridas pelas culturas.

Neste aspecto, as instituições de pesquisa, as universidades, a assistência técnica, os agricultores, a iniciativa privada, os fabricantes de equipamentos, as associações, cooperativas e o governo federal devem participar de todas as etapas de geração de metodologias e tem o papel fundamental na facilitação do processo para transferência da inovação tecnológica para agricultura brasileira.

IV. ESTRATÉGIA DAS EQUIPES

Para implantação desta tecnologia nos trabalhos de pesquisa, houve necessidade de viabilizar uma estrutura mínima para condução de pesquisa em agricultura de precisão, com definição de áreas experimentais e um conjunto mínimo de equipamentos e metodologias para determinação de variabilidade e manejo sítio específico em sistemas de produção. Para tanto, o trabalho foi desenvolvido em diferentes laboratórios, aproveitando a estrutura de trabalho dos parceiros no projeto, numa ação multidisciplinar, visando fortalecer as competências já existentes e evitar duplicação de esforços.



Esta integração de esforços deu certo, permitindo que as metas do projeto fossem alcançadas e outros trabalhos pudessem ser desenvolvidos com outras instituições, em programas de pós-doutoramento e também, no programa de pós-graduação das Universidades, por exemplo os trabalhos com sensores de Nitrogênio, com o ARS/USDA, de Lincoln, Nebraska, Estados Unidos e pelo menos, uma tese de mestrado foi defendida e duas de Doutorado em andamento, na UFV/DEA. Com isso, novos desenvolvimentos foram obtidos, que foram disponibilizados, sob a forma de metodologias e instrumentação necessária para a coleta, armazenamento e análise de dados como, GPS, sensores, softwares, GIS e hardwares.

Uma das maiores dificuldades encontradas e vencidas no projeto foi a aceitação da nova tecnologia, por parte de pesquisadores, professores e extensionistas, em razão talvez da necessidade de utilização de ferramentas, que não tinham domínio para utilização, como, coletores de dados, sensores, SIG, etc. Além disso, a forma como a agricultura de precisão iniciou no Brasil, indicava ser uma tecnologia de mapeamento de culturas e com uma complexidade muito grande.

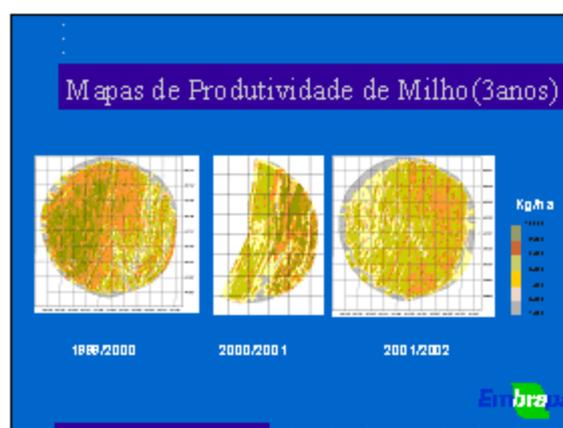
Nestes 3 anos, o projeto está servindo para desmistificar o uso desta ferramenta e facilitar o uso do especialista, na atividade do dia a dia. Esta etapa é lenta, mas que precisa ser feita para que todas as fases da agricultura de precisão sejam aplicadas e os conhecimentos técnicos acumulados sejam bem aproveitados, na avaliação dos mapas e intervenções posteriormente.

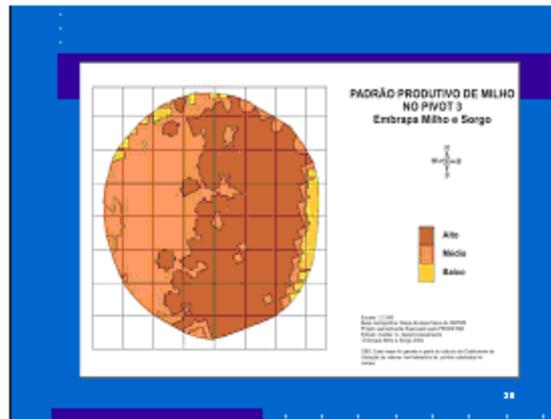
Modificações drásticas no nível de aplicação tecnológica da agricultura mundial competitiva demandarão do país uma atuação eficiente no sentido de incorporação e adaptação de inovações, especialmente em áreas estratégicas. Por se tratar da análise de formas de produção agrícola, o caráter multidisciplinar é a condição mais importante, para que se possa quantificar os benefícios econômicos e ambientais e se fazer uma análise a longo prazo da estabilidade, resistência e sustentabilidade desses sistemas.

Em razão, destes novos recursos tecnológicos já estarem sendo disponibilizados no mercado brasileiro, para se realizar esse inovador conceito de agricultura, há necessidade de se ter uma ação rápida para a adaptação e a correta recomendação de uso da tecnologia. Para tanto, a pesquisa, a assistência técnica, os agricultores, a iniciativa privada, os fabricantes de equipamentos, as associações, cooperativas e governo têm o papel fundamental nesse processo de inovação tecnológica e a área técnica destas organizações, precisa ser bem treinada, para facilitar a transferência de tecnologia e aplicação direta destes conceitos na agricultura brasileira.

VI. ESTRATÉGIA DE INTERVENÇÃO NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO.

A necessidade de se estabelecer uma análise com vistas a tomada de decisão, dentro do processo de utilização da agricultura de precisão, leva à busca de estabelecimento de padrões mínimos, para intervenção no sistema. Para definição de padrões de produtividade, alto, médio e baixa, foram definidos os critérios para a fase de análise dos dados utilizando a metodologia desenvolvida por Larscheid et al (1997), aplicando o Modelo Estágio 4. Este modelo é baseado em informações, com mais de um ano de mapas de produtividade, visando estabelecer os padrões de produção.





Primeiro com a indicação de um mapa de tendências da variabilidade espacial mostrando as áreas de produtividade estabilizadas (Larscheid e Blackmore, 1996). Este modelo, usando um mapa de lucratividade, assume que os fatores limitantes tenham sido erradicados, de forma que a produtividade de uma determinada área tenha chegado aos seus limites naturais e modificações adicionais não poderão ser controladas pelo agricultor. O potencial de lucro pode ser classificado em números tratados de diferentes classes, e, desta forma, fatores isolados que limitam a produção são removidos e o potencial de retorno econômico pode ser quantificado.

A análise econômica dos dados foi realizada, utilizando-se a metodologia desenvolvida por Mattoso (2000). Foram levantados todos os custos envolvidos no processo de utilização da técnica de agricultura de precisão, em um sistema de produção irrigado, sob plantio direto, avaliando todos os estágios da cultura. Para a apropriação de custos foram considerados os custos fixos e variáveis, levando-se em consideração os custos do equipamento e software, serviços de gerenciamento o custo do dinheiro. Da mesma forma, para implementação das mudanças, foram computado os custos relacionados com os insumos e sua aplicação. Os retornos estimados foram obtidos, levando-se em consideração a produtividade com as alternativas analisadas.

Análise Econômica

(Atualizado para Maio de 2002).

Sistema de Produção de Milho – Área Experimental de 38 hectares

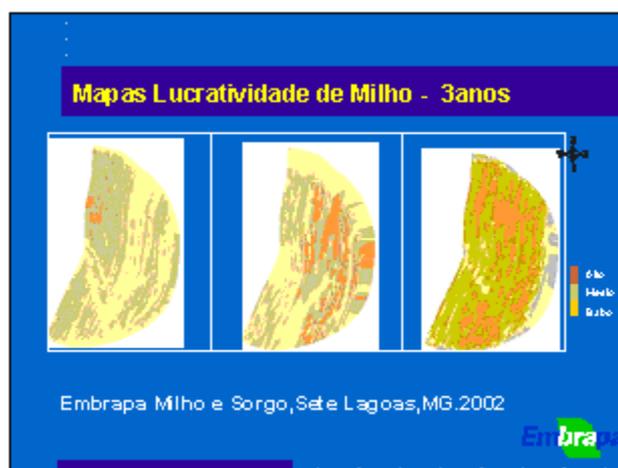
Produtividade (Kg/ha)	5686.33
Preço (R\$/Kg)	0.17
Receita Total (R\$)	1.111.39
Margem Bruta (R\$)	260.17
Margem Líquida (R\$)	0.00
Ponto de Equilíbrio s/ Custo Variável (Kg/ha)	5.125.34
Ponto de Equilíbrio s/ Custo Total (Kg/ha)	5686.33
Taxa de Retorno s/ Custo Variável	1.30
Taxa de Retorno s/ Custo Total	1.00

30

Usando os dois tipos de mapas, produtividade e lucratividade (Gomide et al, 2000), a primeira e segunda etapa do ciclo de agricultura de precisão estarão sendo realizadas, para se conhecer as classes de produção: de alta, média e baixa produtividade/lucratividade/prejuízo, que deverão ser analisadas para intervenção ou de manutenção dos níveis de produção.

Sendo assim, este trabalho, após 3 anos de consecutivos de mapas de produtividade e análise dos dados, teve como objetivos:

definir metodologia para estabelecimento dos padrões de produção, nos mapas de produtividade de milho; estabelecer os critérios para definição das classes de produtividade, em função da análise econômica dos dados de produtividade visando estabelecer o mapa de lucratividade; e estabelecer uma metodologia para facilitar a análise *in loco*, visando intervenção diferenciada nas áreas instáveis e de baixa produtividade.



A intervenção nos locais de instabilidade de produção e de baixa produtividade é caracterizada como a terceira etapa do ciclo, que pode ser desde uma formulação de

fertilizante mais adequada, uma mudança de um cultivar mais adaptada, ou mesmo uma atividade visando melhorar as condições físicas do solo, para reduzir a sua compactação.



VI. CONCLUSÕES

Os resultados já alcançados nestes 3 anos ajudaram na desmistificação do uso da tecnologia e dissociação dos paradigmas inerentes às questões advindas de processos ligados à eletrônica embarcada, pelo seu uso e estudo de suas aplicações;

- Há necessidade de intensificação dos treinamentos de pessoal, nos níveis de graduação e pós-graduação e estabelecer uma estratégia para a difusão da tecnologia; com base nos conhecimentos nacionais já disponíveis nesse campo do conhecimento;
- Monitoramento de áreas comerciais, visando a intervenção no sistema de produção, em áreas instáveis e de baixa produtividade. deverão ser realizados para estabelecimento dos padrões de produção, utilizando-se os resultados metodológicos obtidos neste projeto.
- A rastreabilidade da produção vegetal.poderá ser realizada, utilizando-se o modelo de banco de dados desenvolvido para este .
- A agricultura de precisão sendo efetivamente adotada como uma ferramenta de maximização de uso de insumo, exercitando o conceito de sustentabilidade da agricultura comercial.

VII. REFERÊNCIAS

1. _____ Projeto PRODETAB 030-01/99: Desenvolvimento, Ajuste e Aplicação de Técnicas de Agricultura de Precisão para o Aumento de Eficiência e Redução de Impactos Ambientais de Sistemas de Produção Agrícola sob Condições de Plantio Direto. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.1999-2002
2. Gomide, R. L., Mattoso, M. J.; Queiroz, D. M. e Mantovani, E. C. Economic Analysis of a Precision Agriculture System Under Brazilian Irrigated Field Conditions, Paper No. 001015, **2000 ASAE Annual International Meeting, Milwaukee, Wisconsin, July 9-12, 2000**
3. Larscheid, G. and Blackmore, B.S.(1996). Interactions Between Farm Managers and

Information Systems with Respect to Yield Mapping. Presented at 3rd International Conference on Precision Agriculture. June 23-26 1996 Minneapolis USA. Sponsored by ASA, CSSA, SSSA, ASAE, ASPRS & Univ. of Minnesota, Editions by P.C. Robert; R.H. Rust; W.E. Larson.

4. Larscheid, G. , Blackmore, B.S. and Moore, M. Management Decision Based on Yield Maps. Presented on 1st European Conference on Precision Agriculture. September 8-10, 1997 Warwick University, Warwick, UK Sponsored by The SCI Agriculture and Environment Group. <http://www.silsoe.cranfield.ac.uk/epf/>
5. Mattoso, M.J. Subprojeto Custos de Produção da Cultura do Milho no Brasil, in Projeto Sistemas de Produção da Agropecuária Brasileira. SEA, Embrapa Sede. Brasília, DF. 2002.