



AGRICULTURA DE PRECISÃO

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	3
1- INFORMÁTICA NA AGRICULTURA	5
2- VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL NO CAMPO	29
3- MANEJO DA VARIABILIDADE DOS CAMPOS	47
REFERÊNCIAS	

INTRODUÇÃO

Um conjunto de **ferramentas e tecnologias que possibilita ao produtor** conhecer toda a área para cultivo de maneira mais completa e que pode ajudar a aumentar o rendimento em até 67%. Essa é a denominada **agricultura de precisão (AP)**.

O coordenador-geral de **Tecnologia, Inovação e Recursos Genéticos** do Mapa, Fabrício Vieira Juntolli, explica como o **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa)** utiliza da AP para o **benefício da agricultura brasileira**.

Segundo ele, a AP compõe um **sistema de gerenciamento agrícola** baseado na **variabilidade espacial e temporal da unidade produtiva** e permite uma exploração mais racional dos sistemas produtivos, levando à **otimização do uso dos insumos**, ao **aumento da lucratividade** e da **sustentabilidade** e à minimização dos impactos ambientais.

No Brasil, a AP foi introduzida no início dos anos 90, por meio da utilização de **máquinas agrícolas com receptores GNSS (Global Navigation Satellite System)**, computadores de bordo e sistemas que possibilitavam a geração de mapas de produtividade. Os estados que mais usam a AP atualmente são **Goiás, Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul**.

Qual é a importância da AP para o agronegócio brasileiro?

Fabrício Vieira Juntolli – Esse sistema permite a utilização de estratégias para resolver os problemas de **desuniformidade nas lavouras**. São práticas que podem ser desenvolvidas em diferentes níveis de complexidade e com finalidades distintas. Consequentemente, com esta tecnologia, torna-se possível a disponibilização de grande quantidade de dados específicos da cultura, que podem subsidiar a tomada de decisões e reduzir a incerteza do negócio. Este é um diferencial importante para garantir a competitividade e sustentabilidade do **agronegócio brasileiro**, uma vez que estudos informam que a combinação destas tecnologias agrícolas pode aumentar o rendimento global das lavouras em até 67%.

Como a agricultura de precisão é utilizada na prática?

Fabício Vieira Juntolli – A AP está sendo utilizada principalmente nas culturas de milho, soja, café, cana, feijão. Além disso, também é utilizada na **fruticultura**, na **pecuária de precisão** e na **irrigação de precisão**.

No Brasil, as soluções existentes estão mais focadas na **aplicação de fertilizantes** e corretivos em taxa variável, porém não se pode esquecer que AP é um sistema de gestão que considera as lavouras em todos os seus aspectos: produtividade, solo (características físicas, químicas, compactação etc), infestação de ervas daninhas, doenças e pragas. Assim, quanto maior a quantidade de dados coletados, mais acertado será o diagnóstico sobre a variabilidade presente nas lavouras analisadas. Dessa forma, a AP permite ao pequeno, médio e grande produtor rural a gestão de sua propriedade, na utilização dos insumos, na hora certa, no local adequado e na quantidade correta, promovendo o aumento da produtividade e sustentabilidade.

O que o Mapa tem feito para desenvolver a AP?

Fabício Vieira Juntolli – Desde 2012, o Mapa conta com a **Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão**.

Em novembro deste ano, a comissão se reuniu com representantes das empresas de máquinas, equipamentos, pesquisadores, representantes das cooperativas e dos produtores para debater a criação da Classificação Brasileira de Ocupação (CBO), isto é, a identificação das ocupações no mercado de trabalho, para profissionais da área de AP. A comissão começou a organizar o Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão para outubro de 2016. O evento será realizado com apoio oficial do Mapa. Outra ação importante que o Mapa está acompanhando é criação do Laboratório de Agricultura de Precisão da Embrapa

1- INFORMÁTICA NA AGRICULTURA

Os produtores e técnicos que visitarem o espaço da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, no Showtec 2012, em Maracaju-MS, verificarão os benefícios de se levar para o cotidiano do setor agropecuário o universo da informática e seus softwares e hardwares.

Ferramenta apresentada nesta edição, o SISLA é um Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental, desenvolvido para dar suporte às atividades de licenciamento ambiental. Idealizado pela Embrapa em parceria com o Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul (Imasul), o Sistema tem acesso livre e gratuito, via Internet, para o público especializado ou apenas curioso.

O software possibilita emitir relatório para análise com mapas georreferenciados e efetuar análise técnica, consulta espacial e andamentos dos processos de licenciamento ambiental. No Sista é possível o usuário, seja ele produtor ou técnico, fornecer os dados de determinada área e o sistema indicará, a seguir, suas reais condições, levando-se em consideração a topografia da região e outros fatores.

"Qualquer pessoa com um pouco de noção de georreferenciamento tem condição de gerar um relatório no Sista", ressaltou o engenheiro agrônomo Sergio Luis Bianchini, fiscal ambiental do Imasul. O Sista é um dos produtos do Projeto de "Sistema de Informação Georreferenciado do Território do Estado de Mato Grosso do Sul – GeoMS", liderado pela Embrapa Informática Agropecuária (Campinas-SP), que reuniu dados da legislação estadual e federal e do mapeamento da cobertura vegetal, entre os anos de 2007 e 2009, realizado pela Empresa e outras instituições, e informações públicas, disponíveis desde os anos 80.

O GeoMS conta também com a parceria do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária e Ambiental (Fundapam), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) e Embrapa Gado de Corte (Campo Grande-MS).

Agricultura de Precisão – Em meio aos imprevistos da atividade agrícola, um pouco de precisão é sempre bem-vinda pelos produtores. O uso de tecnologias baseadas em posicionamento geográfico por satélite permitindo o manejo diferenciado da lavoura é o que define a chamada Agricultura de Precisão (AP).

Intervenções no manejo, localizado ou sítio específico, são realizadas da seguinte forma: amostragens georreferenciadas do solo são aplicadas em uma grade amostral correspondendo a colheita de uma amostra composta a cada dois hectares, por exemplo. A partir da análise dos resultados dessas amostras, um processamento informatizado, por meio de softwares específicos para AP, gera mapas da fertilidade do solo para cada atributo, como potássio e fósforo.

A partir disso, prescreve-se uma adubação diferenciada para a lavoura, dentro de cada talhão. Tais mapas são reconhecidos por dispositivos presentes nos maquinários de campo modernos, guiados por satélites, que ao reconhecer o padrão espacial, muda e ajusta, automaticamente, a dose de nutriente dentro das reais necessidades.

Essa sequência de etapas – amostragem/interpretação agrônômica/escolha de maquinário – permite racionalizar o uso de insumos, um dos grandes atrativos da agricultura de precisão para o produtor de grãos, elegeu o pesquisador da Embrapa, Álvaro Vilela Rezende.

Entretanto, alerta Álvaro Rezende, diversos fatores afetam o processo, sendo imprescindíveis certos critérios para se adotar a AP. Assim, a Embrapa, em 2009, iniciou o Projeto "Rede de Agricultura de Precisão", que ao reunir mais de 200 especialistas de diversos Centros de Pesquisa, anseia aprimorar os critérios validados cientificamente para melhorar a qualidade da AP praticada no Brasil hoje.

Coordenada pela Embrapa Instrumentação Agropecuária (São Carlos-SP), a Rede atua em várias vertentes, explica o doutor em fertilidade do solo e adubação Álvaro Rezende. Líder do projeto-componente responsável pelas áreas voltadas para culturas anuais, como grãos e algodão, o pesquisador relata que também há projetos direcionados para culturas perenes, como fruticultura, silvicultura e pastagem; desenvolvimento e validação de instrumentos e tecnologias para uso e suporte em AP; e inovação tecnológica em agricultura de precisão.

Com unidades-pilotos de experimentação nos Estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Goiás, Distrito Federal, São Paulo e Mato Grosso do Sul, a Rede deseja difundir seu lema "Planejar é preciso", no qual "a crescente demanda agregará inovações para AP, especialmente, para as condições de agricultura tropical", afirma Rezende.

Projetando adiante, a Rede almeja expandir seus estudos para produção animal e para que seus preceitos sejam adotados não irá somente pesquisar, mas atuará em transferência, com capacitações e ações de educação junto à assistência técnica rural e aos produtores que atuem ou queiram atuar com AP.

Uso da informática no campo ajuda agricultores a controlar custos

O uso da informática para armazenar dados, fazer consultas e até mesmo comprar e vender produtos via internet é uma realidade cada vez mais presente nas propriedades paranaenses. Hoje, muitos produtores já adotam o computador para realizar tarefas simples do dia a dia como a consulta de estoques, preços das commodities no Brasil e no mercado internacional, previsão do tempo, entre outros serviços. Esses investimentos, garantem especialistas, têm proporcionado aos produtores comodidade e agilidade no processo de produção.

Tablet, notebook, smartphone, desktop se misturam aos equipamentos tradicionais da produção agrícola e deixam os produtores mais competitivos no mercado. Wilson Menin Junior, produtor da região de Mamborê, é um deles. Hoje, confessa que não sai de casa sem o seu tablet. Da fazenda, Menin faz negócios e acompanha tudo o que acontece dentro e fora da propriedade. Em época de colheita, em parceria com a cooperativa Coamo, o produtor acompanha a quantidade de grãos que chega na cooperativa, a área colhida e, principalmente, a qualidade dos grãos que são levados aos entrepostos.

Menin explica que o site da Coamo oferece todas essas informações por meio de um acesso exclusivo direcionado ao associado. Essa ferramenta permite que o

agricultor veja em tempo real a qualidade dos grãos que estão chegando na Coamo. "Consigo ver pela internet os índices de umidade de cada lote entregue".

A informática chegou aos campos para ficar. Um dos últimos bastiões de resistência contra o uso de alta tecnologia digital, as fazendas estão começando a adotar os computadores para fazer muitas coisas, desde o controle do uso racional do solo até a contabilização da produção e controle do armazenamento e transporte. Através dos discos de satélite e da telefonia celular rural, aos poucos a Internet também está começando a penetrar no agribusiness. Nos EUA, uma parcela considerável dos produtores rurais usa a Internet para se comunicar através do email, bem como para ter acesso aos mapas meteorológicos atualizados a cada hora, contendo dados de radar, satélite, estações meteorológicas, etc., sobre o regime de ventos e de chuvas, previsão de tempo, e assim por diante.

O Brasil é um dos países que tem grande potencial para o desenvolvimento da Informática aplicada à Agricultura. Aqui em Campinas, que é uma cidade com uma tradição de mais de um século de pesquisa agrícola, graças ao Instituto Agrônomo, temos vários centros dedicados ao tema. O maior e o mais importante é o Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para a Agricultura da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), que fica dentro do campus da UNICAMP, em magníficas instalações. O CNPTIA nasceu dentro de outra instituição de renome em nossa área, o CTI (Centro para Tecnologia em Informática a partir de um projeto de "fábrica de software", iniciado na década passada com apoio da EMBRAPA. Entre os projetos desenvolvidos estão sistemas para controle de rebanho leiteiro e de corte, de gerenciamento de fazendas, processamento de imagens para agropecuária, modelagem e simulação, etc. Dois projetos muito interessante são a Cooperativa de Bancos de Dados, e um sistema de integração de bancos de dados descentralizados do sistema EMBRAPA, que abrange informações extremamente variadas, de A (algodão) a Z (zoneamento agroclimático), e que, em conjunto, são de extrema importância para a agricultura científica brasileira. Outro centro importante da EMBRAPA em Campinas que também trabalha bastante com informática é o Núcleo de Monitoramento Ambiental e de Recursos Naturais por Satélite, que utiliza uma tecnologia moderníssima. O NMA ficou famoso por seu

projeto de monitoração das queimadas no Brasil, juntamente com o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e a Ecoforça. Na UNICAMP existem na área de Informática em Agricultura, grupos de pesquisa no CEPAGRI (Centro de Ensino e Pesquisas em Agricultura: que trabalham em geoprocessamento, dados e imagens meteorológicos, planejamento agrícola, etc.

A aplicação mais espetacular da informática na agricultura chama-se agricultura de precisão. Isso funciona assim: o fazendeiro faz um mapa detalhado de seus campos de cultivo, fazendo amostragens e análise do solo, e utilizando satélites de posicionamento global (GPS - *Global Positioning System*), que permitem calcular as coordenadas geográficas, com precisão de poucos metros, para cada local de amostra de solo. O mapa é feito com um software de geoprocessamento (GIS - *Geographical Information System*). Assim, ele fica sabendo onde precisa mais fertilizante, corrigir a acidez do solo, etc. Em seguida, máquinas agrícolas especialmente projetadas, utilizam uma tecnologia de progressão variável para jogar os agentes corretivos no solo, em exata proporção à sua necessidade determinada pelo mapa. Assim, usa-se muito menos substâncias, de forma menos tóxica, a um preço menor, e com atuação otimizada para cada ponto do campo. Posteriormente, o fazendeiro pode mapear quanto cada ponto do mapa rendeu (em toneladas por hectare, por exemplo), do produto agrícola, e pode modificar as suas técnicas de manejo da cultura, em função desses resultados

Os resultados econômicos da agricultura de precisão são sensacionais, e se aplicam bastante para culturas como soja, sorgo, milho, etc. A EMBRAPA já está estudando a introdução dessas técnicas no Brasil.

A Importância da Informática na Agricultura

A informática, indiscutivelmente, é uma ferramenta vital para todas as atividades empresariais, incluindo os negócios do mundo rural. Para que computadores possam auxiliar os produtores rurais nas mais diversas tarefas, é necessário que se disponha de softwares específicos, isto é, programas desenvolvidos especialmente para atender às necessidades dos empresários do campo, tanto dos grandes agricultores e pecuaristas, quanto dos pequenos e médios proprietários rurais.

Cada atividade rural apresenta suas particularidades, na pecuária, por exemplo, dependendo do tipo de criação desenvolvida, o criador necessita de diferentes formas de controle, tanto na área administrativa quanto na produção. Ainda como exemplo, podemos citar a necessidade dos criadores em possuir fichas completas e registros de seus animais, com todos os dados genéticos, produção, número de crias, montas realizadas e históricos médicos. Já na agricultura, é importante que se controle as áreas cultivadas, os diversos tipos de cultura, os insumos utilizados, a armazenagem da produção, etc.

Por se tratar de atividades complexas, com características e necessidades que variam muito, é de extrema importância que os empresários rurais, tanto do setor agrícola, quanto do pecuário, disponham de eficientes softwares. Estes programas não só auxiliam no controle das operações, facilitando o trabalho mas, principalmente, proporcionam ótimos resultados que podem se refletir em um aumento de produção e de produtividade, ou seja, gerando maiores lucros para os agropecuaristas.

Podemos dividir os softwares voltados para a agropecuária em dois grupos distintos:

- softwares administrativos;
- softwares de controle de produção.

Os softwares administrativos, basicamente, são muito semelhantes ou iguais aos softwares utilizados por empresas de outros setores. Podemos citar como exemplo, softwares para controle de fluxo de caixa, compra e utilização de material, folha de pagamento, gerenciamento de cadastros, contas a pagar / receber, etc.

Os softwares de controle de produção são os mais específicos, desenvolvidos especialmente para cada atividade agrícola ou pecuária. Podemos citar, como exemplo, para a pecuária, softwares para cadastro de animais, registro genealógico, controle de coberturas, gestações, cios, controle de vacinações e registros médicos, alimentação, arrazoamento, etc. Estes registros informatizados são de vital

importância para o rastreamento da produção, que é uma exigência cada vez maior do mercado internacional e fator decisivo para a realização de muitos negócios nesta área. Devemos destacar que estes softwares específicos, existem em versões dirigidas para bovinos, caprinos, eqüinos, etc.

Na agricultura, cujas necessidades são bastante diferentes da pecuária, os softwares de gerenciamento auxiliam no controle do armazenamento de grãos, na administração do uso de defensivos e fertilizantes no controle e planejamento das áreas a serem cultivadas, cálculo dos resultados das colheitas, perdas, custos de produção, etc.

Com toda esta tecnologia e estas "armas" disponíveis, podemos dizer que este tipo de controle informatizado não é mais uma questão de diferencial, mas tornou-se uma necessidade para todos os produtores rurais que desejam ser competitivos e ter as condições necessárias para obter bons resultados com a sua produção.

Os Principais Softwares Utilizados na Agricultura

Software para Agricultura de Precisão (AP) tem sido um aliado de produtores conscientes sobre seus custos. Neste guia você irá aprender o que é um software para AP, como funciona, como escolher um e como melhorar sua administração rural. Confira!

Quantas vezes você ouviu falar sobre agricultura de precisão só nos últimos meses? Aposto que não foram poucas.

O tema Agricultura de Precisão (AP) está sendo bastante discutido.

A AP pode economizar tempo, reduzir gastos com fertilizantes em até 50%, e ainda pode ajudar para conquistar maiores produtividades.

Mas no meio de toda essa discussão, você sabe mesmo como a AP pode te ajudar no dia a dia da fazenda?

Existem muitos **software para Agricultura de Precisão** à nossa disposição.

Se você ainda não sabe qual deles é o melhor, como escolher um ou mesmo as diferenças entre os softwares de AP e quaisquer outros softwares, hoje você aprenderá isso!



(Fonte: [Proagrica](#))

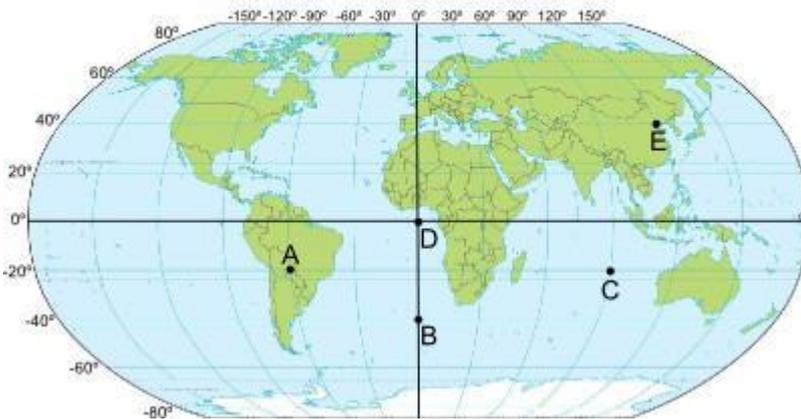
Diferenças dos Softwares de Agricultura de Precisão

Os softwares de AP são conhecidos como SIG (Sistemas de Informação Geográfica), pois utilizam dados georreferenciados.

Você pode encontrar softwares pagos e softwares de agricultura de precisão grátis.

O que são dados georreferenciados?

Os dados georreferenciados nada mais são do que coordenadas geográficas de cada ponto para localização no globo terrestre.



(Fonte: [Brasil Escola](#))

Quem nunca utilizou o Waze, Google Maps ou qualquer outro aplicativo (app) para chegar a algum lugar?



(Fonte: [Folha de São Paulo](#))

Usamos diariamente dezenas de aplicativos que nos ajudam a chegar a um lugar que não conhecemos. E como eles conseguem nos levar exatamente ao endereço que nos foi fornecido?

Estes aplicativos utilizam diversos satélites para calcular nossa localização no globo terrestre.

Como funciona a localização por satélites?

São diversas constelações com dezenas de satélites cada.

A constelação norte americana, mais conhecida como GPS (Global Positioning System) possui 30 satélites em órbita operacionais.

Além dessa, temos a nossa disposição a constelação russa GLONASS, a chinesa BAIDU, a Europeia GALILEU e outras ainda em fase de construção.

O posicionamento é conseguido por meio da triangulação de 4 satélites. Quanto mais satélites existirem sobre o campo de visão das máquinas, maior será a garantia do posicionamento.



(Fonte: Inteligente Aero-Space)

Tudo isso para garantir a cobertura e melhorar a qualidade da localização das pessoas, máquinas e **equipamentos** no planeta Terra.

Por meio dos satélites, os dados coletados são corretamente posicionados nas coordenadas no globo terrestre.

O que consigo fazer com os softwares de SIG?

Com a utilização dos softwares de Agricultura de Precisão é possível a confecção de diversos mapas:

- Mapa de colheita
- Mapa de vigor de vegetação (NDVI, NDRE, etc..)
- Mapa de nutrientes nos solos

- Mapas de declividade
- Curvas de nível
- Mapas 3D das culturas
- Delimitação de talhões e áreas
- Mapa de pragas
- Visualização de fazendas
- Criação de grids amostrais
- Geração de mapas de recomendação
- Interpolação de dados
- Álgebra de mapas
- Análises quantitativas de acúmulo de nutrientes



Mapa de monitoramento de pragas

(Fonte: [Aegro](#))

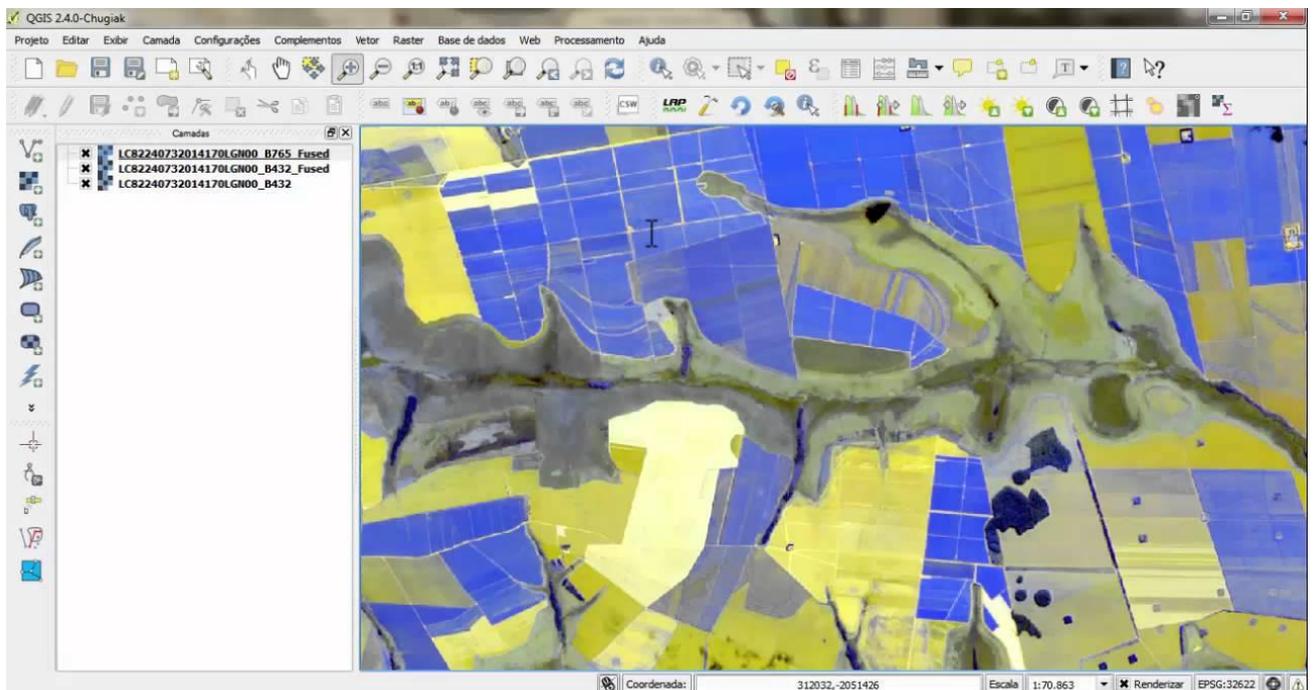
Além dos itens citados, há inúmeras outras ferramentas e complementos que podem ser instalados para utilização em diversas outras finalidades, o que dá origem a uma ampla gama de aplicativos no mercado.

Software para agricultura de precisão grátis e pagos

Existem algumas centenas de aplicativos e **software para agricultura de precisão**. Alguns gratuitos e outros pagos.

Dentre eles pode-se destacar QGIS, ArcGIS, AgroCAD, Falkermap, SSTsoftware, Inceres e Geofieder da Embrapa. A Embrapa disponibiliza o Geofielder. Este **software para agricultura de precisão** pode ser usado em aeronave, para imageamento aéreo, em máquinas agrícolas e veículos para captura de imagens em solo.

Como acadêmico, eu utilizo o software QGIS como ferramenta para trabalho na área de Agricultura de Precisão.



(Fonte: Canal no Youtube do LAP)

QGIS um software para agricultura de precisão livre

O QGIS é um software livre e programado na linguagem Python. O que isso significa?

Significa que ele é **gratuito**, podendo ser baixado neste [link](#). Além disso, ele possibilita que os usuários criem suas próprias programações para manipular os dados da maneira que acharem melhor.

Porém, se você não souber programar, não tem problema! O QGIS é um software bem completo e disponibiliza centenas de ferramentas para facilitar a vida de seus usuários.

Como fazer o download e começar a utilizar o QGIS?

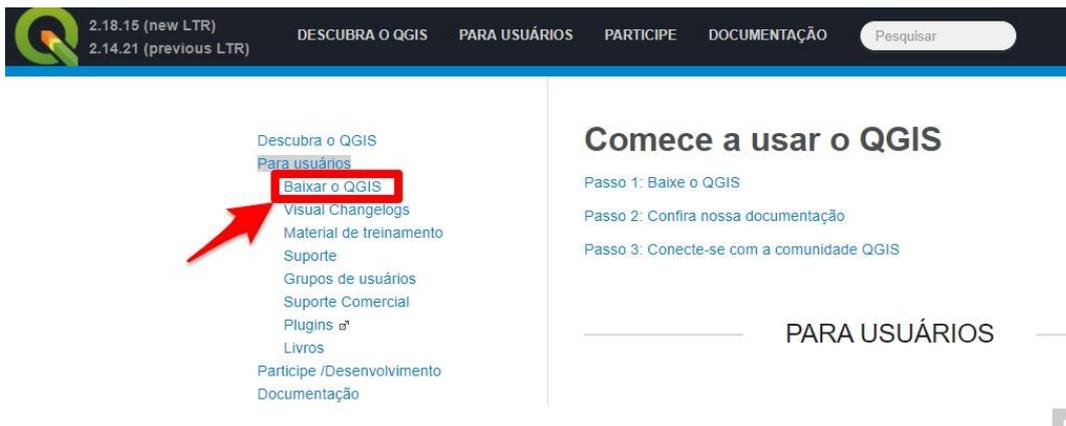
Vamos ao passo a passo de como baixar e instalar o QGIS em seu computador:

1. Acesse o endereço que está neste [link](#)

2. Clique em “Para Usuários”



3. Clique em “Baixar o QGIS”



4. Escolha o instalador segundo as especificações de seu computador (32 bits ou 64 bits)



Na internet existem vídeos, tutoriais e cursos de QGIS ensinando a instalar e podem ser acessados gratuitamente por qualquer usuário. O Anderson Medeiros, por exemplo, apresenta 100 diferentes tutoriais em português para te ajudar no uso do Qgis.

Como processar os dados em um software de SIG

Os softwares de agricultura de precisão, como já mencionado, trabalham com localização dos pontos no espaço.

Os arquivos provenientes de GPS, das máquinas agrícolas ou dos sensores virão com as colunas das coordenadas (geralmente Latitude e Longitude) e os valores dos outros atributos que serão avaliados.

É necessário um cuidado inicial para manuseio dos dados.

A escolha das colunas latitude e longitude é vital para o correto posicionamento dos pontos que serão analisados. Se essas colunas estiverem trocadas, todas as análises realizadas no programa estarão posicionadas nos locais errados.

Vários são os formatos de arquivos que os softwares de AP aceitam, o mais conhecido é o **shapefile**.

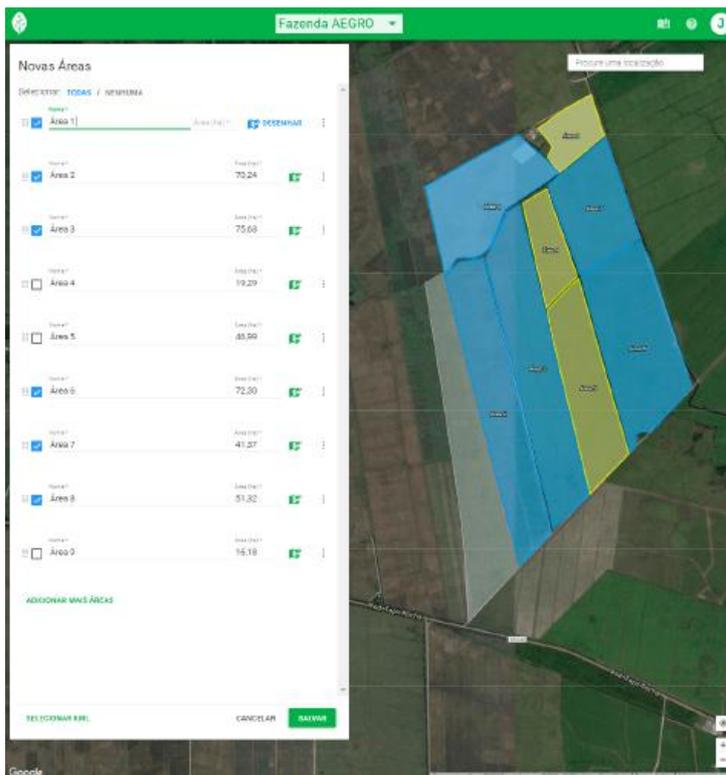
Porém, utilizando o QGIS é possível trabalhar com dados do tipo .csv (planilha de valores do excel), .txt (arquivo de texto), kml ou kmz (arquivos do google Earth), além de inúmeros outros formatos.

Vantagens em trabalhar com um software de SIG

Os softwares utilizados em agricultura de precisão já possibilitam que os arquivos gerados possam ser levados diretamente para as máquinas equipadas com piloto automático.

À medida que as máquinas realizam as operações, novos arquivos de dados são gerados e devem ser analisados em um SIG, assim todo o ciclo recomeça.

Os SIGs possibilitam a confecção de mapas que facilitam a visualização das áreas e talhões, auxiliando os produtores nas tomadas de decisões.



Fonte: AEGRO

Independentemente dos modelos de máquinas e sensores que coletaram os dados, todas as informações podem ser analisadas em conjunto em um SIG, o que permite um maior entendimento de cada porção da lavoura e cada zona produtiva.

Vale ressaltar que cada conjunto de dados deve ser analisado e, se necessário, passar por um pré-processamento, a fim de eliminar dados errôneos.

O uso adequado desse sistema resulta em:

- Economia de tempo;
- Economia de insumos;
- Aumento de produtividade;
- Sustentabilidade do negócio;
- Menor impacto ambiental.

Sendo assim, concluímos que, Atualmente existem diversos softwares e ferramentas para que consigamos trabalhar com Agricultura de Precisão nas nossas fazendas.

Diversas empresas de tecnologia na agricultura estão desenvolvendo e criando seus próprios softwares para facilitar o manuseio e armazenamento dos dados dos seus clientes.

Hoje já existem programas que processam os dados na nuvem e enviam somente os relatórios aos produtores, o que facilita a tomada de decisão.

Agora que você já sabe como escolher um software, estude suas opções e veja qual está mais alinhada com sua propriedade, prestando atenção no custo-benefício. Boa escolha!

O Uso da Internet na Agricultura

A Agricultura Digital está revolucionando o trabalho do produtor rural. Ela utiliza a Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) e sistemas operacionais em dispositivos, sensores e equipamentos para automatizar e otimizar a gestão do campo.

Drones, tratores automatizados e aplicativos de monitoramento da lavoura, do clima e de pragas são exemplos de aplicações tecnológicas que interagem com todo processo de produção agrícola. O uso dessas tecnologias pode auxiliar o produtor na tomada de decisão sobre o tipo de manejo mais o adequado para a sua lavoura.

Antes de decidir quais tecnologias serão utilizadas no campo, é fundamental saber como funcionam e como podem agregar valor ao negócio rural. Isso garante a importância desses recursos, extraindo o melhor das possibilidades da agricultura digital.

O que é a Agricultura Digital

A Agricultura Digital, também chamada de Agricultura 4.0 (Agro 4.0), é o uso de soluções tecnológicas ligadas à informática para gerenciar a lavoura com o objetivo de melhorar a produção agrícola.

O termo Agro 4.0 é uma clara referência à indústria 4.0, inovação que teve início na indústria automobilística alemã e agora conquista outros diversos segmentos. Tudo

isso devido à completa automatização proporcionada aos processos produtivos dessa inovação.

Indústria 4.0, ou a Quarta Revolução Industrial, é o termo utilizado para se referir às tecnologias de automação e troca de dados que fazem parte do processo industrial. Entre essas tecnologias estão a Internet das Coisas, Sistemas ciber-físicos e computação em dados.

Benefícios da Agricultura Digital

O principal benefício da agricultura digital é elevar os índices de produtividade e rentabilidade por meio da otimização de processos e de custos. Isso só é possível por meio de:

- Controle detalhado do uso de insumos (adubos e defensivos)
- Redução de custos com mão de obra
- Monitoramento das condições climáticas que interferem nos processos de produção
- Monitoramento de pragas e doenças.

"O produtor rural pode se beneficiar muito com a agricultura digital, pois ela permite que se produza mais com menos."

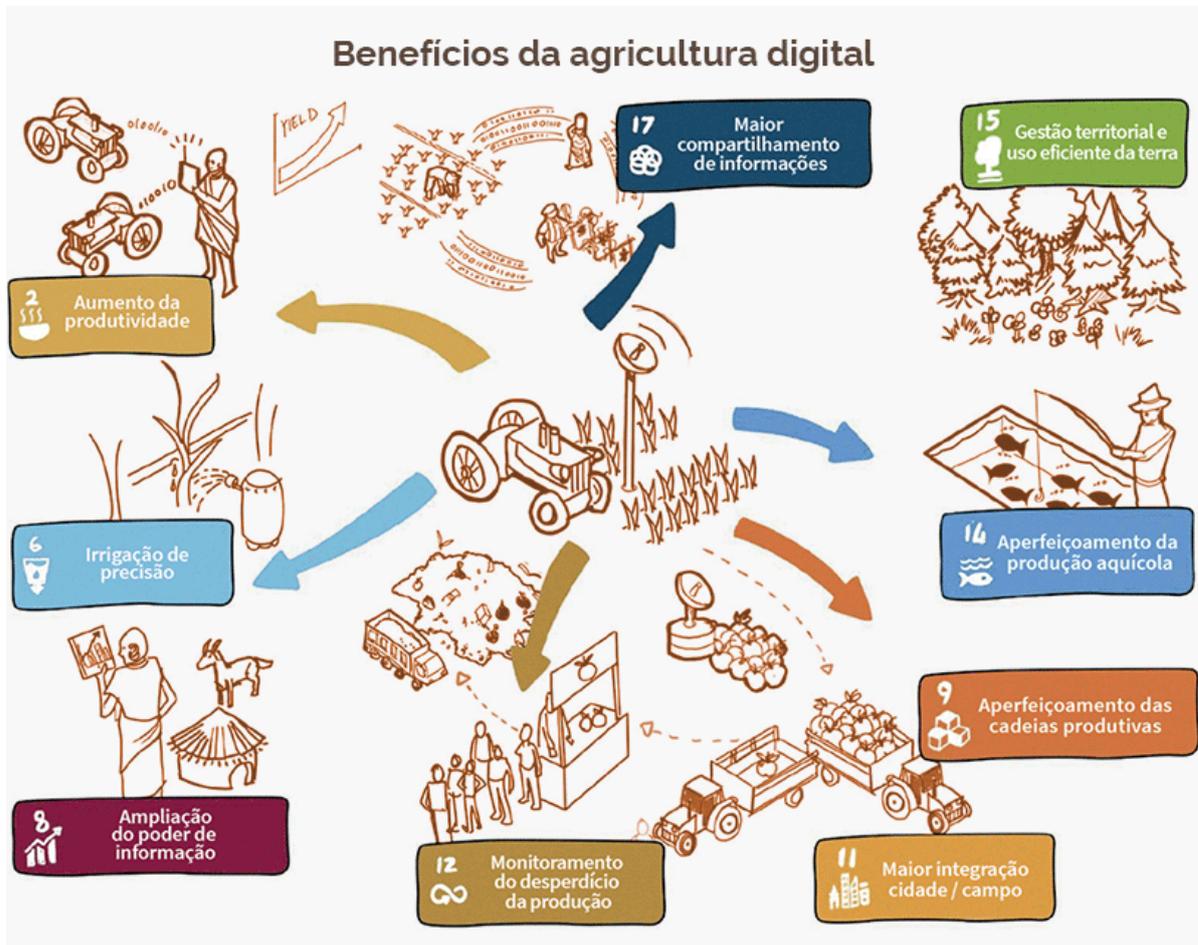
Juliana Ramiro, engenheira agrônoma e doutora em fitopatologia.

Muitos produtores rurais tomam decisões baseadas em conhecimento empírico, experiência e recomendações. No entanto, esse conjunto de medidas nem sempre garante o máximo rendimento. Com a agricultura digital essas decisões se tornam mais precisas e seguras. Dessa forma o resultado pode ser melhor controlado antes mesmo da colheita.

Além de dinamizar a produção, o uso de tecnologias da agricultura digital também colabora com a preservação ambiental e com o desenvolvimento sustentável.

Com o aumento da produtividade e otimização de recursos, reduz-se a necessidade de expansão de novas áreas agrícolas. Além disso, a otimização de processos proporciona melhoria da qualidade do trabalho e segurança dos trabalhadores.

O consumidor também se beneficia da adoção das tecnologias no campo. Com a facilidade de acesso à informação, o consumidor conectado consegue obter mais informações sobre a origem dos alimentos que vão parar na sua mesa. As novas tecnologias podem trazer essas informações por meio de redes sociais e aplicativos, por exemplo.



Embrapa. As cores e os números correspondem a Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

Tecnologias que permitem viabilizar a Agricultura Digital 4.0

A agricultura digital 4.0 emprega métodos computacionais de alto desempenho. Por meio deles é possível processar grandes volumes de dados e construir sistemas de suporte à tomada de decisões de manejo da lavoura.

Dentre as tecnologias que viabilizam a agricultura digital, temos:

- Internet das Coisas (em inglês, Internet of Things – IoT): a internet é a cada dia mais das coisas e não mais apenas das pessoas. Máquinas, animais, plantas e veículos são conectados à internet para que possam ser acionados com base nas informações recebidas e em comandos dados via web;
- Sensores de monitoramento (plugados em máquinas, equipamentos e solo);
- Inteligência Artificial: Machine Learning e Deep Learning – a máquina é capaz de aprender e tomar decisões;
- Veículos autônomos: tratores, robôs e drones que não têm a necessidade de condução humana;
- Big Data com Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC): armazenamento de dados em grande quantidade;
- Computação na nuvem com proteção de dados (Blockchain);
- Conectividade entre dispositivos móveis.

Utilizadas da forma correta, essas tecnologias podem otimizar todo o processo ao longo da cadeia produtiva, reduzindo perdas e aumentando a produtividade.

Quais as tecnologias aplicadas à produção agrícola

Atualmente, de acordo com o estudo “Visão 2030: O Futuro da Agricultura Brasileira”, já existem aplicativos para fazer a gestão das áreas agrícolas, manejo de rebanhos, cotação de insumos, previsão de clima, identificação de doenças, irrigação, adequação ao Código Florestal e comercialização.

São algumas das tecnologias e suas aplicações no campo:

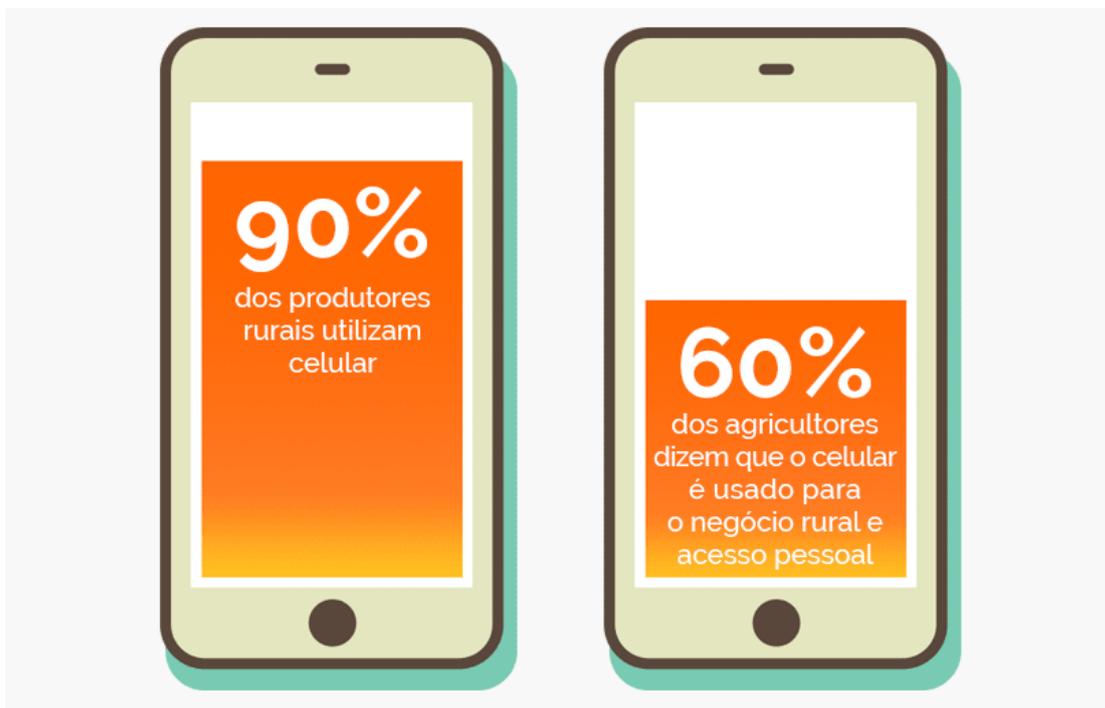
- Sistema de irrigação inteligente: a água é aplicada ao solo de acordo com a necessidade hídrica da planta. Aplicativos e softwares determinam a quantidade de água a ser aplicada por meio de dados coletados por sensores;
- Tecnologia embarcada em tratores, colheitadeiras e pulverizadores: são as tecnologias embarcadas nas máquinas agrícolas, como GPS e controladores para pulverização, que facilitam e otimizam o trabalho do produtor rural. Com tecnologia embarcada, o produtor rural pode fazer o controle eletrônico do plantio à colheita.

- Automação e rede de sensores locais para mapeamento de solos;
- Estações meteorológicas para monitoramento do clima e previsão de ocorrência de pragas e doenças;
- Veículo aéreo não tripulado (VANT) ou drone (do inglês, zangão) que, com câmeras especiais interconectadas, capta informações, indica níveis de produtividade e necessidade de manejos específicos nos talhões.

Como usar a tecnologia no campo

Não é preciso adquirir equipamentos com tecnologia de ponta para adotar a agricultura digital. Celular, tablet e/ou computador com acesso à internet já possibilitam a utilização da agricultura digital por meio de aplicativos e softwares.

Quando o produtor se mantém conectado, ele otimiza seu tempo gasto no gerenciamento da produção. Isso também pode resultar em maiores rendimentos na lavoura e maior sustentabilidade na agricultura. Inovações tecnológicas são sempre muito bem-vindas, mas é fundamental para o produtor relacionar o custo com o benefício dessas tecnologias.



Dados obtidos pela [pesquisa Tecnologia da Informação](#), do Sebrae

Antes de mais nada, o produtor deve saber qual o problema tem de resolver. Só assim poderá saber qual tecnologia deve aplicar para isso.

Se o problema for compactação do solo, por exemplo, não adianta comprar um dispositivo ou contratar um serviço que faça captação de imagem aérea. A tecnologia empregada, nesse caso, deve ser a que vai analisar o solo e encontrar soluções para tratá-lo. Dessa forma o produtor consegue extrair o máximo de benefícios da agricultura digital, evitando o uso de forma aleatória.

Agricultura Digital: da pré-produção à pós-produção

A agricultura digital também pode ser aplicada à rastreabilidade da produção. Ou seja, permite que o agricultor registre o passo a passo do cultivo. Dessa forma ele consegue informar os quesitos de sustentabilidade que foram adotados no seu processo de produção.

Os canais digitais, como as redes sociais, por exemplo, podem ajudar o agricultor na tomada de decisões. Afinal, isso influencia na forma com que o alimento chega ao prato da população.

Essas iniciativas também permitem levar à sociedade o conhecimento sobre o papel fundamental do agricultor e, assim, melhorar a compreensão das pessoas sobre a agricultura. Além disso, contribuem com a geração de renda e com a economia nacional.

Agricultura Digital já está acontecendo

A agricultura digital é um mercado em franco crescimento no Brasil e no mundo. Estudo das Nações Unidas mostra que esse mercado deverá movimentar 15 bilhões de dólares em 2021 no mundo todo. Isso representa mais inovação, equipamentos mais acessíveis aos produtores, novos aplicativos e sistemas de gerenciamento.

As grandes empresas do setor estão investindo nesse tipo de solução para agregar valor aos seus produtos e serviços. Elas já perceberam o potencial da agricultura

digital! Fabricantes de fertilizantes e sementes incentivam o uso dessas tecnologias pois elas permitem fazer com que seus produtos tragam resultados ainda melhores.

A automatização dos processos por meio das tecnologias da agricultura digital melhora a produtividade e reduz desperdícios, agregando mais valor ao produto final. E essas tecnologias estão cada vez mais acessíveis para todos, desde as grandes fazendas até aos pequenos produtores.

2- VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL NO CAMPO

São os atributos relacionados à textura do solo, fertilidade, controle de pragas e produtividade. Todos esses atributos possuem variabilidade espacial, isto é, apresentam valores diferentes nos diversos pontos da lavoura, dependendo das dimensões, relevo, material de origem, clima local, profundidade, entre outros.

A Variabilidade e seu manejo é a chave para o uso efetivo da tecnologia de AP (BLACKMORE, 1996). De acordo com Blackmore & Larscheid (1997) os conceitos da AP estão relacionados à variabilidade da produtividade e dos atributos do solo e das plantas. Segundo estes autores, existem três tipos de variabilidade: espacial, temporal e preditiva.

A variabilidade espacial é observada ao longo do campo e pode ser facilmente constatada em qualquer mapa de produtividade ou fertilidade. A variabilidade temporal é observada quando se comparam mapas de produtividade de vários anos; a variabilidade preditiva é a diferença entre a previsão de algum fator e o que realmente aconteceu.

Os autores relatam que, para gerenciar cada uma das variabilidades é necessário entendê-las e, sobretudo, mensurá-las. Variabilidade espacial são estudos voltados a um ou mais atributos variáveis dentro de um espaço ou área.

Estas informações identificam a intensidade de variações locais dentro deste espaço, além de auxiliar no diagnóstico de fatores limitantes e propor alternativas de manejo diferenciadas de acordo com a necessidade de cada área. A geoestatística é uma ferramenta utilizada para estudar a variabilidade espacial e possibilita a interpretação dos resultados com base na estrutura da variabilidade natural dos atributos avaliados, considerando a dependência espacial dentro do intervalo de amostragem. O estudo da variabilidade espacial pode ser feito em grandes áreas, abrangendo diversos tipos de solo (COUTO et al., 2000), e em áreas menores (ALBUQUERQUE et al., 1996; SOUZA et al., 1998; OLIVEIRA et al., 1999).

Para o sucesso da tecnologia da AP é necessário obter o máximo de informações da área e, o estudo bem feito da variabilidade espacial é a maior e melhor ferramenta para se obter tais informações de sucesso. A AP está em constante evolução e necessita ainda de muitos avanços, como é o caso do setor de mecanização (máquinas e implementos), para aplicações mais precisas e uniformes dos insumos agrícolas.

Variabilidade espacial de atributos químicos de um argissolo para aplicação de insumos à taxa variável em diferentes formas de relevo

A agricultura de precisão tem por objetivo aumentar a eficiência do manejo de técnicas agrícolas, sendo tecnologia em desenvolvimento que modifica técnicas existentes e incorpora novas tecnologias (BISCARO & GARZELLA, 2006). Conforme ANTUNIASSI (1998) e BORGELT et al. (1994), o mapeamento detalhado dos fatores de produção e da aplicação localizada de insumos é o princípio básico do sistema. Dessa forma, a caracterização da variabilidade dos recursos é de fundamental importância para o uso efetivo da tecnologia de agricultura de precisão, tornando-se imprescindível para que essa técnica seja confiável (GREGO & VIEIRA, 2005; SILVEIRA et al., 2000).

Quando determinado atributo de solo varia de um local para outro, com algum grau de organização ou continuidade, expresso pela avaliação da dependência espacial, os resultados da estatística clássica são mais bem entendidos e aproveitados pela geoestatística (VIEIRA, 2000). Ajustado o semivariograma dos atributos, podem-se interpolar valores em qualquer posição no campo de estudo, sem tendência e com variância mínima. A esse método, dá-se o nome de krigagem (VIEIRA, 2000).

Em uma paisagem natural, o solo apresenta variabilidades espacial e temporal de seus atributos, resultantes da interação de processos que comandam os fatores responsáveis por sua formação (MONTEZANO et al., 2006). A associação da variabilidade espacial dos atributos de solos às formas da paisagem tem sido estudada por vários autores (MONTANARI et al., 2005; KRAVCHENKO et al., 2005; SOUZA et al., 2006a; SOUZA et al., 2006b) e tem contribuído para a identificação e o mapeamento de áreas mais homogêneas, com limites mais

precisos entre elas (MARQUES JÚNIOR & LEPSCH, 2000; FRANZEN et al., 2006; SOUZA et al., 2006b), o que permite que técnicas agronômicas possam ser transferidas com facilidade e economia para ambientes semelhantes.

A forma do relevo pode auxiliar na definição de esquemas amostrais, bem como no mapeamento de zonas de manejos físico e químico do solo (CARVALHO et al., 2003; SOUZA et al., 2006b). De acordo com MONTANARI et al. (2005) e FRANZEN et al. (2006), as pedoformas em áreas de mesma classe de solo e mesmo histórico de manejo de cana-de-açúcar, durante vários anos, influenciam na variabilidade dos atributos químicos dos solos de maneira sistemática. Estudos mostram que há maior variabilidade de atributos químicos e físicos em áreas de formas côncavas e convexas em relação às formas lineares, independentemente do histórico de manejo dessas áreas (SOUZA et al., 2004; SOUZA et al., 2006a).

A variabilidade espacial dos atributos químicos de solos possibilita a recomendação de doses de calcário, fósforo e potássio com taxas variadas, proporcionando economia e maior eficiência na aplicação (CHANG et al., 2003; WANG et al., 2006), onde os limites de áreas mais homogêneas podem ser definidos pelas características do relevo (MARQUES JÚNIOR & LEPSCH, 2000; FRANZEN et al., 2002). Desse modo, o objetivo deste trabalho foi analisar a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo e a elaboração de mapas de necessidade de aplicação de insumos de forma localizada, em áreas com diferentes formas de relevo.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada na região de Catanduva - SP, inserida na província geomorfológica do Planalto Ocidental Paulista. O clima da região foi classificado, pelo método de Köeppen, como tropical quente úmido, tipo Aw, seco no inverno, com precipitação média de 1.350 mm, temperatura média anual de 23 °C, com temperatura no mês mais quente superior a 22 °C e a do mês mais frio inferior a 18 °C, e umidade relativa do ar de 74%. A vegetação primária da região de Catanduva

foi classificada como floresta pluvial estacional de Cerrado, sendo a área utilizada há mais de 20 anos com o cultivo de cana-de-açúcar (SANCHEZ, 2003). As coordenadas geográficas da área são: latitude 21°05'S e longitude 49°01'W. O material de origem dos solos foi mapeado como rocha arenítica do Grupo Bauru, Formação Adamantina (IPT, 1981). O solo da área de estudo foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, textura média/argilosa (EMBRAPA, 1999).

Para o georreferenciamento da área, foi utilizado um receptor GPS TRIMBLE, modelo 4.600 LS Geodésico, com precisão (0,5 cm + 1 ppm). Elaborou-se o modelo digital de elevação que, juntamente com as atividades de campo, possibilitou a identificação e a separação das formas do terreno e sua posterior classificação geomorfológica, conforme TROEH (1965). De acordo com essa classificação, em uma área de 200 ha, foram mapeadas duas curvaturas, sendo uma côncava e outra convexa (Figura 1).

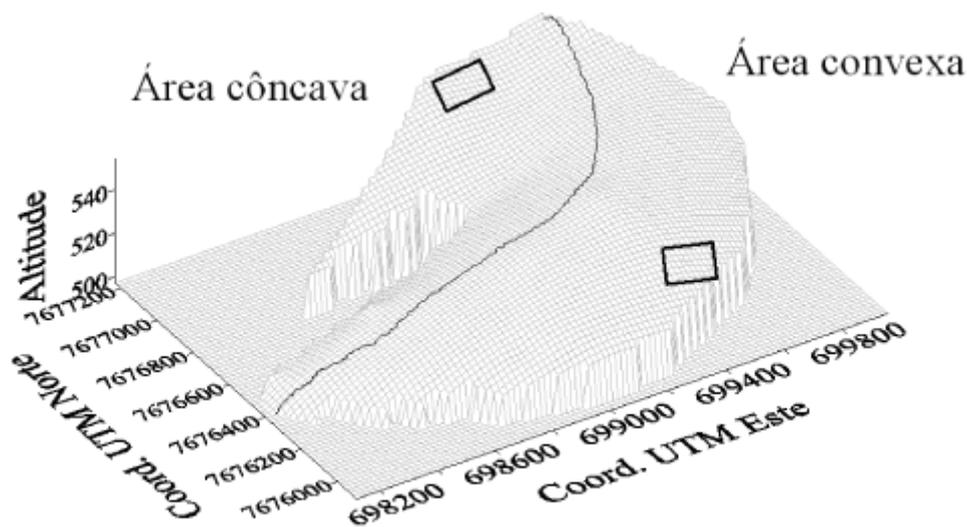


FIGURA 1. Modelo digital de elevação do terreno e localização das duas áreas de amostragem nas faces côncava e convexa (modificada de SANCHEZ, 2003). **Digital model of rise and localization of areas concave and convex (modified figure of SANCHEZ, 2003).**

Nessa área, duas parcelas de 1 ha foram delimitadas, sendo uma parcela localizada na face côncava e a outra na face convexa. Uma malha de espaçamento de 10 x 10 m foi confeccionada em cada uma das parcelas, e os pontos localizados nos

cruzamentos das malhas foram georreferenciados. Os solos foram amostrados em setembro de 2005, nos pontos de cruzamento da malha, nas profundidades de 0,0-0,2 m; 0,2-0,4 m, perfazendo o total de 121 pontos (242 amostras simples) em cada malha (Figura 1), sendo as amostras levadas ao laboratório e submetidas à análise química. A acidez potencial (H+Al) foi obtida segundo RAIJ et al. (2001). O cálcio (Ca), o magnésio (Mg), o potássio (K), o fósforo disponível (P) e a matéria orgânica foram extraídos utilizando o método da resina trocadora de íons proposta por RAIJ et al. (2001). Com base nos resultados das análises químicas, foram calculadas a soma de bases (SB) e a capacidade de troca catiônica (CTC) para posterior cálculo da saturação por bases (V%).

O histórico de manejo das duas áreas é idêntico e a variedade de cana-de-açúcar plantada em março de 2003 foi a SP801842. A adubação líquida realizada antes do plantio foi de 870 kg ha⁻¹ da fórmula 04-12-10 (N-P₂O₅-K₂O), e na adubação de cana-soca realizada após o primeiro corte (2004), foram utilizados 620 kg ha⁻¹ da fórmula 10-00-10 (N-P₂O₅-K₂O). Torta de filtro e vinhaça não foram aplicadas nas áreas de amostragem.

A necessidade de calagem e adubação com fósforo e potássio foi estimada de duas maneiras: uma, considerando-se a média dos 121 pontos, e a outra, considerando-se a variabilidade espacial dos atributos nas malhas. Para o cálculo da necessidade de calcário, utilizou-se da fórmula proposta por RAIJ et al. (1997), que leva em consideração a saturação por bases atual do solo, a CTC e o nível de saturação por bases ideal da cultura que, no caso da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, é de 60%, considerando o PRNT de 100%. Para o cálculo da necessidade de adubação com fósforo e potássio, foram utilizadas as tabelas de adubação propostas por RAIJ et al. (1997), sendo a produtividade esperada considerada de 100 a 150 t ha⁻¹.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística descritiva, obtendo-se média, mediana, coeficiente de variação, assimetria e curtose e tipo de distribuição dos dados com o uso do pacote estatístico SAS (SCHLOTZHAVER & LITTELL, 1997). Posteriormente, foram realizadas análises geoestatísticas por meio da construção de semivariogramas com o auxílio do programa GS⁺ (ROBERTSON,

1998) e confecção dos mapas de krigagem utilizando-se do programa SURFER (1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de P, K e V%, bem como as necessidades médias de aplicação de nutrientes e calcário são apresentados na Tabela 1. Registrou-se, no solo da área convexa, necessidade de maiores quantidades de fósforo e de calcário, comparada com a área côncava. Porém, analisando a necessidade média de aplicação de potássio, nota-se que as duas áreas devem receber a mesma quantidade desse nutriente (Tabela 1). Os valores de máximo e mínimo, para os atributos fósforo, potássio e V%, nas duas profundidades estudadas, apresentaram variação dentro das classes de fertilidade de solos propostas por RAIJ et al. (1997) para a cultura da cana-de-açúcar.

TABELA 1. Resultados da estatística descritiva para os atributos químicos na profundidade de solo de 0,00-0,20 m e 0,20-0,40 m. **Results of the descriptive statistics of chemical attributes at 0.00-0.20 m and 0.20-0.40 m soil depths.**

Parâmetros	Área	Média	Mediana	Mín.	Máx.	p ¹	Coeficientes		
							Var. (%)	Assimetria	Curtose
0,00-0,20 m									
P (MG dm ⁻³)	Côncava	12a	11	4	25	0,07	41	0,64	-0,23
	Convexa	7b	7	1	14	0,15	51	0,01	-0,54
K (mmolc dm ⁻³)	Côncava	1,3a	1,3	0,7	2,4	0,04	29	0,64	-0,23
	Convexa	1,4a	1,4	0,8	2,5	0,02	28	0,75	-0,10
V %	Côncava	71a	71	49	88	0,15	11	-0,33	-0,08
	Convexa	50b	51	19	73	0,15	25	-0,23	-0,53
Necessidade de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Côncava	121a	120	80	180	0,15	24	0,68	0,31
	Convexa	150b	120	120	180	0,01	20	0,28	-1,95
Necessidade de K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Côncava	110a	120	80	150	0,01	16	-0,96	-0,74
	Convexa	110a	120	80	120	0,01	18	-0,57	-1,69
Necessidade de Calcário (t ha ⁻¹)	Côncava	--	--	--	--	--	--	--	--
	Convexa	1,0	0,6	0	2,5	0,15	56	0,7	-0,38
0,20-0,40 m									
P (MG dm ⁻³)	Côncava	11a	10	3	24	0,03	46	0,69	-0,1
	Convexa	5,9b	6,0	1	15	0,15	54	0,20	-0,48
K (mmolc dm ⁻³)	Côncava	1,1a	1,1	0,7	1,8	0,07	24	0,60	-0,41
	Convexa	1,2a	1,2	0,8	2,0	0,01	25	0,94	-0,48
V %	Côncava	67a	69	38	91	0,15	14	-0,28	0,06
	Convexa	42b	43	18	68	0,15	28	0,20	-0,48

¹p - nível mínimo de significância do teste de Kolmogorov-Smirnov; p<0,05 - significância a 5%; p<0,01 - significância a 1%; p>0,05 - não-significativo; Mín - mínimo; Máx - máximo; Var - variação; -- sem necessidade de calcário. As médias dos atributos de solos acompanhadas da mesma letra não diferem entre si pelo teste t.

De acordo com a classificação de WARRICK & NIELSEN (1980), apenas a saturação por bases na área côncava, na profundidade de 0,00-0,20 m, apresentou coeficiente de variação baixo. O restante dos atributos apresentou coeficientes de variação médio ou alto nas duas profundidades estudadas. Comparando-se os coeficientes de variação obtidos entre as duas áreas estudadas, observa-se que os valores encontrados na área convexa são maiores do que os da área côncava, com exceção do potássio e da necessidade de fósforo na profundidade de 0,00-0,20 m, refletindo maior variação dos dados na área convexa (Tabela 1), o que pode ser confirmado pelos diferentes comportamentos espaciais desses atributos (Tabela 2).

TABELA 2. Resultado da análise geoestatística dos semivariogramas nas profundidades de solo de 0,00-0,20 m e 0,20-0,40 m. **Result of the geostatistics analysis of the semivariograms at 0.00-0.20 m and 0.20-0.40 m soil depths.**

Parâmetros	Área	Modelo	^a (m)	C ₀	C ₀ +C ₁	Co/(Co+C ₁) %	r ²
0,00-0,20 m							
P (mg dm ⁻³)	Côncava	Esférico	101	11,57	23,49	49	0,9
	Convexa	Esférico	26	0,01	11,4	0,1	0,8
K (mmol _c dm ⁻³)	Côncava	Exponencial	37	0,013	0,130	10	0,9
	Convexa	Esférico	23	0,002	0,12	2	0,8
V %	Côncava	Esférico	35	0,8	45,18	2	0,9
	Convexa	Exponencial	25	24,3	128	19	0,8
Necessidade de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Côncava	Gaussiano	42	414	828	50	0,9
	Convexa	Esférico	25	1	901	0,1	0,9
Necessidade de K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Côncava	Esférico	21	3,1	313	1	0,5
	Convexa	Esférico	18	11	380	3	0,9
Necessidade de Calcário (t ha ⁻¹)	Côncava	-	-	-	-	-	-
	Convexa	Esférico	22	0,001	0,58	0,2	0,7
0,20-0,40 m							
P (mg dm ⁻³)	Côncava	Esférico	89	9,2	23,21	40	0,9
	Convexa	Esférico	23	0,4	10,01	4	0,8
K (mmol _c dm ⁻³)	Côncava	Esférico	84	0,033	0,082	40	0,9
	Convexa	Esférico	22	0,006	0,153	4	0,8
V %	Côncava	Exponencial	132	45,8	103,9	44	0,9
	Convexa	Gaussiano	100	89,9	179,9	50	0,9

^a - alcance; C₀ - efeito pepita; C₀ + C₁ - patamar; Co/(Co+C₁) % - grau de dependência espacial

Os resultados referentes ao teste Kolmogorov-Smirnov indicaram normalidade para a maioria dos atributos. O teor e a necessidade de potássio na profundidade de 0,00-0,20 m, nas duas áreas estudadas, e a necessidade de fósforo na área

convexa não apresentaram distribuição normal dos dados. Na profundidade de 0,20-0,40 m, apenas o fósforo, na área côncava, e o potássio, na área convexa, não apresentaram normalidade na distribuição dos dados. MONTEZANO et al. (2006) e MONTANARI et al. (2005), estudando variabilidade de atributos químicos, não encontraram distribuição normal para a maioria dos atributos estudados.

No presente estudo, foram encontrados valores de assimetria e de curtose próximos a zero para todos os atributos estudados (Tabela 1). A utilização de técnicas geoestatísticas exige apenas simetria da distribuição dos dados (VIEIRA, 2000). Outra indicação de simetria da distribuição dos dados são os valores de média e de mediana próximos, com exceção da necessidade de fósforo na área convexa e da necessidade de potássio nas duas áreas (Tabela 1). Resultados semelhantes para atributos de solos foram encontrados por MONTANARI et al. (2005) e SOUZA et al. (2006a). Isso demonstra que todos os atributos envolvidos no estudo estão se aproximando de distribuição normal, indicando que os dados estão adequados para o uso da geoestatística.

Todos os atributos avaliados apresentaram dependência espacial, a qual é expressa por meio dos ajustes aos modelos de semivariogramas (Tabela 2 e Figura 2). Os dados da maioria dos atributos estudados ajustaram-se ao modelo matemático esférico; este, segundo GREGO & VIEIRA (2005), é o modelo que predomina para os atributos estudados em Ciência do Solo.

Conforme classificação de CAMBARDELLA et al. (1994), o atributo fósforo, nas duas profundidades de solo, necessidade de fósforo, na profundidade de 0,00-0,20 m, e o teor de potássio, na profundidade de 0,20-0,40 m, apresentaram grau de dependência espacial médio para a área côncava. Já a saturação por bases apresentou médio grau de dependência espacial nas duas áreas analisadas, na profundidade de 0,20-0,40 m. O restante dos atributos apresentou forte grau de dependência espacial.

O comportamento espacial diferenciado entre os atributos também pode ser observado pelo alcance (Tabela 2), que registrou seus maiores valores para área côncava. Os menores valores de alcance, encontrados na área convexa, confirmam

a maior variabilidade espacial dos atributos químicos existentes nessa área, reflexo da influência do relevo no comportamento espacial desses atributos (Tabela 2 e Figura 2). Os resultados do comportamento espacial dos atributos na profundidade de 0,20-0,40 m (Tabela 2) concordam com os da camada superficial, confirmando o caráter pedogeomórfico como causa da variabilidade dos atributos do solo (CARVALHO et al., 2003; MONTEZANO et al., 2006).

Área Côncava Área Convexa

De acordo com MARQUES JÚNIOR & LEPSCH (2000) e KRAVCHENKO & BULLOCK (2000), para o entendimento das causas da variabilidade do solo, é preciso conhecer os processos do solo que operam em locais específicos. Esses processos estão muito ligados à água, sendo o relevo o principal controlador da intensidade e do fluxo de água em uma determinada área. Nesse sentido, a compartimentação das formas do relevo revela ser eficiente para a identificação e o mapeamento de áreas com variabilidade controlada, bem como a transferência de informações (FRANZEN et al., 2006).

As doses recomendadas para a aplicação de fósforo na área côncava variaram de 80 a 160 kg ha⁻¹ quando levados em conta os valores de cada ponto amostrado da área (Figura 2). Considerando a área homogênea, como feito na agricultura tradicional, a dose aplicada na área seria de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Tabela 1). Dessa forma, pela adubação baseada na média, boa parte da área deverá receber quantidade de adubo fosfatado superior ou inferior à dose realmente necessária (CHANG et al., 2003; WANG et al., 2006; BISCARO & GARZELLA, 2006).

Para o fósforo, na área convexa, as doses a serem aplicadas variaram de 105 a 185 kg ha⁻¹ (Figura 2), e a aplicação média é de 150 kg ha⁻¹ (Tabela 1). O mapa da necessidade de fósforo mostra que metade da área convexa necessita de apenas 105 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Considerando o tamanho da área de 1 ha e a aplicação média de 150 kg ha⁻¹, a adoção das técnicas de agricultura de precisão gerariam economia de aproximadamente 25 kg ha⁻¹ de P₂O₅, uma vez que metade da área receberia apenas 105 kg ha⁻¹ do fertilizante. Dessa forma, a utilização da técnica levaria a maiores eficiência e economia do fertilizante, proporcionando, assim, além de

menores custos na adubação, menor impacto ambiental por evitar excesso de fósforo na área (CHANG et al., 2003; BISCARO & GARZELLA, 2006).

Para os mapas de necessidade de potássio, os valores variaram de 70 a 120 kg ha⁻¹ para ambas as áreas estudadas (Figura 2). O valor médio da necessidade de aplicação de potássio nas duas áreas é de 110 kg ha⁻¹ (Tabela 1). Entretanto, observa-se que há vários locais que necessitam de apenas 70; 80 ou 90 kg ha⁻¹ e outros de 120 kg ha⁻¹. Desse modo, também para a adubação potássica realizada pela média dos pontos, os locais receberiam menor dose que a necessária, enquanto em outros locais a quantidade de adubo aplicado seria maior que a dose ótima.

A necessidade de calcário informada pelos mapas obtidos por interpolação (Figura 2) variou de zero a 2,4 t ha⁻¹ na área convexa; na área côncava, não seria recomendado realizar a calagem. Para a área convexa, o cálculo da necessidade de calcário, utilizando-se do método convencional sem considerar a variabilidade espacial de atributos da acidez do solo, indicou ser necessário aplicar 1,0 t ha⁻¹ de calcário (Tabela 1). Assim, boa parte da área receberia calcário de forma desnecessária, onerando os custos de aplicação e causando inadequação ao equilíbrio na absorção de íons pelas plantas.

CONCLUSÕES

A área convexa apresentou maior variabilidade espacial dos atributos químicos, comparado com o solo da área côncava. Os limites das formas do relevo demonstraram ser indicadores das zonas específicas para a aplicação de insumos a taxas variadas. Mapas para aplicação de insumos à taxa variada, elaborados por técnicas geoestatísticas, indicam maior eficiência para a aplicação de calcário, fósforo e potássio.

Formas de Identificação da Variabilidade no Campo

Embrapa lançou no fim de 2009, o projeto “Agricultura de Precisão para a Sustentabilidade de Sistemas Produtivos do Agronegócio Brasileiro (AP2)”, que

substituiu o projeto anterior sobre o tema, direcionado para grãos e em contexto mais restrito.

O projeto AP2 representa um grande desafio, por isso, integra uma rede de mais de 100 pesquisadores, 20 centros da Embrapa, 15 unidades piloto, universidades e empresas parceiras. As unidades piloto são as principais áreas direcionadas para experimentação, envolvendo grãos, frutas, pastagens e florestas.

Na década de 90 a agricultura de precisão surgiu como uma alternativa para o cultivo, principalmente de grãos, envolvendo o uso de instrumentação em campo para melhorar a aplicação de fertilizantes e pesticidas, realizar amostragem e preparo do solo, aperfeiçoar o processo de colheita e avaliar a produtividade. Nesse contexto são utilizados receptores de posicionamento por meio de satélites; sensores para avaliar as características do solo, das plantas ou a produtividade; maquinário específico para aplicação à taxa variável, piloto automático, entre outros. Assim, são necessários investimentos significativos que inviabilizam o uso de agricultura de precisão para pequenas lavouras, sendo necessário um tamanho mínimo de terra, que pode ser avaliado, de maneira aproximada, como de 500 ha.

Essa discussão faz parte do Projeto AP2, liderado pelo Dr. Ricardo Inamasu (Embrapa Instrumentação Agropecuária), que define a Agricultura de Precisão como a postura gerencial que considera o manejo da lavoura com base na variabilidade espacial.

Mas, o que é a variabilidade espacial?

Na década de 60, um cientista francês, George Matheron, desenvolveu a teoria das variáveis regionalizadas conforme os trabalhos de Daniel Krige, engenheiro de minas sul-africano, que aplicava o processo em jazidas auríferas de maneira empírica. Matheron denominou a teoria como Geoestatística por se tratar de uma contribuição que a Geologia forneceu para a Estatística. O princípio fundamental da Geoestatística é que a variabilidade de um atributo está associada ao espaço físico. Assim, considerando dois pontos genéricos e um dado atributo, por exemplo, textura do solo, existirá maior semelhança da textura do solo de um ponto em relação ao

outro, quanto menor a distância entre eles. No caso das jazidas minerais, é comum realizar uma malha regular de pontos na superfície da jazida, onde são efetuadas sondagens, de maneira a avaliar o teor do minério no depósito, isto é, em três dimensões. Observa-se que as sondagens são realizadas espaçadamente, por exemplo, cada 20 m, sendo divididas em seções métricas (profundidade) e encaminhadas ao laboratório. Deste modo, o Engenheiro de Minas se depara com um conjunto de dados segundo uma malha tridimensional, que permitirão avaliar o teor de minério da jazida, processo denominado “Krigagem” (“Kriging” em inglês) em Geoestatística, em homenagem ao Daniel Krige.

A exatidão da avaliação dependerá do espaçamento das amostras (na horizontal e em profundidade) e também da variabilidade espacial das amostras, isto é, no caso do teor, como ele varia no contexto da jazida. Nas jazidas de ouro, é comum a ocorrência de “pepitas” (“nugget” em inglês) situação na qual acontece uma alternância de teores elevados de ouro, quando ocorrem “pepitas” e baixos teores, quando elas não estão presentes. Nesse caso, a variabilidade acontece ao acaso, ou seja, não há relação entre o atributo (teor do minério) e o espaço físico, portanto os Geoestatísticos falam que não existe variabilidade espacial, aconteceu o “efeito pepita”.

Agora, nos temos uma nova pergunta: Como o conceito de variabilidade espacial, com origem na Engenharia de Minas e na Geologia, se relaciona com a agricultura? Inicialmente, podemos apelar ao conceito inicial, “a Geoestatística é a contribuição da Geologia para a Estatística”, assim, sua aplicação se justifica em qualquer setor da Ciência. No entanto, imagine a lavoura como uma jazida mineral, considerando atributos relacionados com agricultura, por exemplo, textura/umidade do solo, fertilidade, controle de pragas e produtividade. Todos esses atributos possuem variabilidade espacial, isto é, apresentam valores diferentes nos diversos pontos da lavoura, dependendo das dimensões, relevo, material de origem, clima local, profundidade, entre outros. Se a variabilidade espacial dos atributos for inexistente ou muito pequena, o manejo da lavoura poderá ser pela média, executando de maneira uniforme as diversas ações. No entanto, podem ocorrer valores diferentes de fertilidade ou existir pragas que atacam um setor específico. Nesse caso, a

aplicação de fertilizantes e agrotóxicos deverá ser realizada de maneira variável (taxa variável), envolvendo sítios específicos ou zonas de manejo. Assim, poderá acontecer uma redução de custo em insumos ou aprimoramento da produtividade, envolvendo ganho econômico para os produtores e redução de impactos ambientais.

O uso de máquinas para aplicação à taxa variável já existe no mercado, procedimento utilizado por alguns produtores brasileiros. Porém, há um custo associado, um investimento inicial. O mapa da variabilidade espacial da lavoura pode ser inserido a um processador a bordo que deriva na aplicação à taxa variável ou em ocasiões, sensores específicos controlam o processo, sem necessidade do mapa. A produção do mapa implica em conhecimentos adicionais, como manuseio de softwares e imagens de satélite, de difícil aceitação para a agricultura convencional, provocando uma nova revolução tecnológica, que seguramente, não será acompanhada por todos os produtores.

Assim, surgem diversos desafios para o projeto AP2, que aposta na infraestrutura da Embrapa, na capacidade técnica da rede de pesquisa associada e no poder da transferência de tecnologias e da inovação, focando diversas culturas, com potencial para ser trabalhadas no contexto da agricultura de precisão usando tecnologias e inovações da Embrapa de incluindo uma revolução de softwares e imagens de satélites de fertilidade e de pragas, produtos.

No caso da Embrapa Clima Temperado, as culturas escolhidas foram arroz irrigado e pêssego, sendo que, no contexto do AP2, se está trabalhando de maneira artesanal, sem a utilização de equipamentos sofisticados, mas considerando o manejo da lavoura segundo uma malha regular ou tratando cada planta de maneira específica.

Uma maneira conveniente de simplificar o manejo de culturas agrícolas é considerar o ambiente de produção como uma "caixa-preta" com entradas e saídas. A "caixa-preta" descreve a função biofísica da lavoura. As entradas podem ser controláveis, como fertilizantes, sementes ou agroquímicos, ou incontroláveis, como radiação solar incidente, precipitação pluvial e temperatura. O sistema todo está sujeito a perturbações, que acredita-se serem incontroláveis e maldefinidas. É possível

conhecer algo sobre as relações entre essas entradas e saídas, mas esse conhecimento é incompleto (Cook & Bramley, 1998).

Deve-se lembrar que o rendimento de grãos de uma cultura qualquer é o resultado da interação entre vários fatores que influenciam uma comunidade de plantas durante a ontogenia, e como tal deve ser encarado.

Alguns estudos que visam a identificar os fatores determinantes do rendimento de grãos quantificam-nos em 52, entre controláveis e incontroláveis. Destes, 45 são controláveis e sete, representados, por exemplo, por precipitação pluvial, temperatura e concentração de gases na atmosfera, somente podem ser manejados indiretamente (Tisdale et al., 1993).

Assim, um conceito que deve ser levado em consideração, quando se discutem fatores determinantes do rendimento de grãos e a variabilidade deste nas áreas agrícolas, é a chamada "Lei dos Máximos". Essa lei está fundamentada no fato de que, em sistemas de produção intensamente manejados e com elevado retorno, é necessária a identificação do maior número possível de fatores que limitam o rendimento de grãos e o grau de limitação que cada um impõe. Assim, o efeito de determinado insumo ou prática de manejo é progressivamente aumentado à medida que os fatores limitantes são eliminados ou minimizados. Dessa forma, o rendimento de grãos poderá ser máximo somente se não houver mais fatores limitantes (Wallace, 1993). Essa lei demonstra quão difícil é estabelecer e manter uma área com níveis elevados de rendimento de grãos e com reduzida variabilidade.

Buscando entender melhor a suposta "caixa-preta" que é um sistema de produção agrícola, a filosofia da AP representa uma nova forma de visualização e de manejo do ambiente de produção, a qual apresenta, como princípio básico a observação da variabilidade dos fatores de produção.

A variabilidade dos fatores de produção está associada a múltiplas causas, desde a variabilidade climática até à representada pelo ambiente em torno de uma única semente (solo, oxigênio, disponibilidade de água e nutrientes etc.) que é depositada no solo. Entretanto, as formas de variabilidade que estão sendo estudadas e

maneja em AP podem ser classificadas em "Variabilidade Espacial" (aquela que ocorre com um atributo na área, por exemplo: variação da concentração de fósforo no solo em uma área de 20 hectares), "Variabilidade Temporal" (aquela que ocorre ao longo do tempo, por exemplo: disponibilidade de água no solo em função da sazonalidade da precipitação pluvial) e uma terceira (que representa a ação do homem nas duas primeiras), chamada "Variabilidade Induzida pelo Manejo" (aquela criada pelas decisões de manejo tomadas nas áreas de cultivo, por exemplo: alocação de culturas e regulação de máquinas). Esta última ocorre, por exemplo, quando há máquinas desgastadas e desreguladas, sistemas de cultivo diferenciados, partes da lavoura deixadas em pousio por vários anos e deficiência no controle de plantas daninhas (Farnham, 2000).

A importância do uso de técnicas para identificação e mapeamento da variabilidade inerente a vários fatores de produção pode ser percebida na área de melhoramento de plantas. Nessa área, a variabilidade espacial afeta a diferenciação entre genótipos (Brownie et al., 1993) e aumenta a variância do erro experimental (Ball et al., 1993). Isso pode levar a decréscimos na resposta à seleção e à redução na precisão dos procedimentos estatísticos de análise (Vollmann et al., 2000). Em áreas de experimentação agrônômica, o efeito de tratamentos pode, também, ser mascarado pela variabilidade espacial, dificultando a diferenciação entre tratamentos (Scharf & Alley, 1993). Também em lavouras comerciais, a variabilidade é responsável por implicações de ordem ambiental, econômica e de manejo das culturas.

Portanto, o emprego de técnicas de amostragem e de geoestatística permite precisão e benefícios maiores nas áreas citadas anteriormente, por meio da localização, do entendimento e da minimização da variabilidade.

Para se ter idéia da magnitude da variabilidade de alguns fatores de produção, cita-se o estudo realizado por Mulla (1993) em uma área de lavoura de 8 hectares. O autor usou o coeficiente de variação (CV) como medida da variabilidade e obteve os seguintes valores para 172 amostras de solo: nitrato = 39,7%; fósforo = 50,5%; matéria orgânica (%) = 41,3%; pH do solo = 10,8%; e rendimento de grãos = 29,4%.

Em áreas sob sistema plantio direto no Rio Grande do Sul (média de 8 lavouras), têm sido obtidos valores de CV para atributos de solo da ordem de 9,8% para matéria orgânica; 7,0% para pH em água; 29,9% para potássio; e 33,3% para fósforo (Schlindwein & Anghinoni, 2000)

. Esses valores têm implicação direta, por exemplo, no número de subamostras necessárias para se representar a variabilidade de cada atributo.

Em termos de rendimento de grãos, Balastreire (1998) mostrou, em milho, a seguinte frequência de níveis de rendimento: 10,3% = 2,41 t/ha; 24,2% entre 2,41-3,59 t/ha; 47,8% entre 3,59-4,76 t/ha; 16,7% entre 4,76-5,94 t/ha; e 1,0% >5,94 t/ha.

Trabalhos realizados por Amado et al. (2004) numa lavoura de 57 hectares em Palmeira das Missões, RS, em área considerada com fertilidade do solo adequada, mostraram diferenças de rendimento de grãos de 25 a 70 sacos por hectare de soja e de 75 a 150 sacos por hectare de milho.

Esses estudos demonstram que alguns atributos - de solo, de planta ou de clima - têm maior amplitude de variação que outros, tornando seu manejo mais difícil, e geram a necessidade de estratégias de ação específicas.

O primeiro ponto que se deve ter em mente, quando se objetiva manejar a variabilidade dos diferentes fatores envolvidos na produção agrícola, é a necessidade de conviver com ela e entendê-la, sem a presunção de achar possível sua eliminação, ou seja, é importante mapear e manejar a variabilidade de cada fator de interesse, minimizando-a em níveis possíveis técnica e economicamente.

Para minimizar a variabilidade é necessário, primeiramente, que se conheça sua magnitude, identificando-a e quantificando-a, por meio de parâmetros de solo, de planta e de clima, mapeando "áreas problemas" (com níveis abaixo dos considerados adequados) e, posteriormente, empregando práticas de manejo capazes de minimizá-las.

Para ajudar a entender as razões da variabilidade e manejá-la corretamente, vários métodos têm sido desenvolvidos, incluindo muitos aplicativos computacionais. Na

lavoura, a variabilidade espacial pode ser dividida em dois tipos, pela natureza dos fatores causais: aqueles que ocorrem na camada superficial e aqueles que ocorrem no interior dela. Estes são tipificados por local máximo e mínimo dentro da lavoura segundo fatores de solo e da cultura, e pela diminuição do rendimento de grãos usualmente nas bordas de lavoura, atribuída a diferentes "efeitos de borda". Primeiramente, devem-se considerar os efeitos físicos e, depois, os químicos, causadores dessa variabilidade. A avaliação dessas áreas pode ser feita pela amostragem em linhas traçadas entre áreas elevadas e baixas, com amostras regularmente espaçadas, e comparação dos dados com padrões estabelecidos, identificando os fatores limitantes. A variabilidade temporal pode ser obtida pela coleta de dados por vários anos, possibilitando a criação de um "mapa de tendência espacial" que remove o efeito temporal. Outra opção é o "mapa de estabilidade temporal" que identifica as áreas que são estáveis (ou têm sido altamente variáveis) no período considerado (Blackmore & Larscheid, 1997).

Em AP existem dois enfoques para manejar a variabilidade por meio da aplicação variável de insumos: o manejo baseado em mapas e o manejo baseado em sensores ("*sense and apply*" ou "*sense and control*"). O primeiro deles emprega a tecnologia do GPS e se baseia em amostragem e mapeamento dos fatores de produção a serem manejados de forma diferenciada (fertilidade do solo, doenças, rendimento de grãos etc.) e posterior elaboração de mapas de prescrição para a aplicação variável dos insumos (fertilizantes, herbicidas etc.). O segundo enfoque, baseado em sensores, é o sensoriamento direto do solo e/ou cultura para a aplicação imediata dos insumos de forma variável. Neste método, os insumos são aplicados com base em informações obtidas, em tempo real, por meio de sensores, e usadas para controlar, eletronicamente, as operações de campo. O uso de uma técnica ou de outra dependerá do nível tecnológico disponível e do custo operacional envolvido (Zhang et al., 2002).

Um dos complicadores da AP é a busca do "manejo das interações" dos fatores de produção, o que a torna uma atividade de "pesquisa" feita em cada gleba de cada propriedade que adota o sistema e na qual, muitas vezes, os resultados da pesquisa

tradicional (formal) não são diretamente aplicáveis, principalmente por isolar os fatores e não avaliar o conjunto destes e suas interações.

Uma vez que os experimentos normalmente realizados em pesquisa são conduzidos em áreas pequenas e/ou sob condições controladas (isolando fatores), muitas vezes eles não representam adequadamente a variabilidade existente em condições de lavoura. Torna-se, então, necessário o desenvolvimento de métodos de análise e de amostragem em lavouras, que sejam de fácil execução e tenham elevada precisão, a fim de se identificarem diferenças no crescimento.

3- MANEJO DA VARIABILIDADE DOS CAMPOS

Com o passar do tempo, as tecnologias para trabalhar com os mapas de colheita foram ficando cada vez mais acessíveis. Em decorrência disso, cada vez mais, os produtores tem feito uso, com qualidade, dos mapas de colheita. Nesse sentido, a DuPont Pioneer tem se preocupado em cada vez mais, levar aos agricultores técnicas agrônômicas para a interpretação dessas informações tão valiosas.

Um bom mapa de colheita apresenta a variabilidade de produtividade que há em um talhão, onde está produzindo mais, ou menos. Entretanto, o mapa de colheita não mostra o porquê de existir essa variabilidade. Para entender a variabilidade, é preciso ter, obrigatoriamente, o conhecimento do talhão e das práticas de manejo que a causaram.

A figura 1 (LOTZ, 1997) pode ser usada como guia na interpretação ou detecção das causas da variabilidade de produtividade.

Motivos da Variabilidade de produtividade de um talhão			
Provocada pelo manejo do produtor		Padrões irregulares de variáveis ocasionais	
Direção das aplicações	Contra as direções	Linhas irregulares	Área irregular
Mudança de data de plantio	Drenagem	Manchas de herbicidas	Diferentes tipos de solo
Mudança de híbrido	Histórico de formação do talhão	Colheitas em bordas	Drenagem irregular
Aplicação química	Tráfego de máquinas antigo	Ataque de insetos nas bordas	Infestação de plantas daninhas
Erro de equipamento	Compactação antiga		Mudança na fertilidade

Compactação			Carry over de herbicidas
Qualidade de plantio			Infestações de doenças

Figura 1: causas de variabilidade de produtividade de um talhão. Adaptado de (Lotz, L 1997)

Abaixo estão algumas causas de variabilidade de produtividade de um talhão. Entretanto, vale frisar que as causas não se limitam apenas a isso. Com um bom mapa de colheita atrelado a uma boa conversa agrônômica pode-se detectar outros motivos.

O começo de tudo está em uma boa calibração da colheitadeira, pois dados obtidos de máquinas não calibradas, podem levar a interpretações erradas sobre a variabilidade. Na figura 2, há um exemplo de talhão que foi colhido com duas máquinas, sendo que uma delas não estava calibrada. Nota-se, claramente, as diferenças de níveis produtivos entre as máquinas.



Figura 2: exemplo de colheita com maquinas descalibradas

1. Variabilidades provocadas pelo manejo do produtor na direção das aplicações: são variabilidades de produtividade que foram sempre reparadas no mesmo sentido, como faixas com tendências de menor ou maior produtividade, por exemplo.

a. Mudança de data de plantio e de híbrido: tanto mudanças de data de plantio como de híbrido podem gerar uma interpretação errada da variabilidade de produtividade. Para isso, ter sistemas que deixem geo-registradas essas mudanças é muito importante. No mapa de produtividade (figura 3) percebe-se que a região dentro do contorno azul possui uma produtividade bem maior que o talhão inteiro. A grande diferença neste caso, está na troca do híbrido e na mudança da data de plantio.

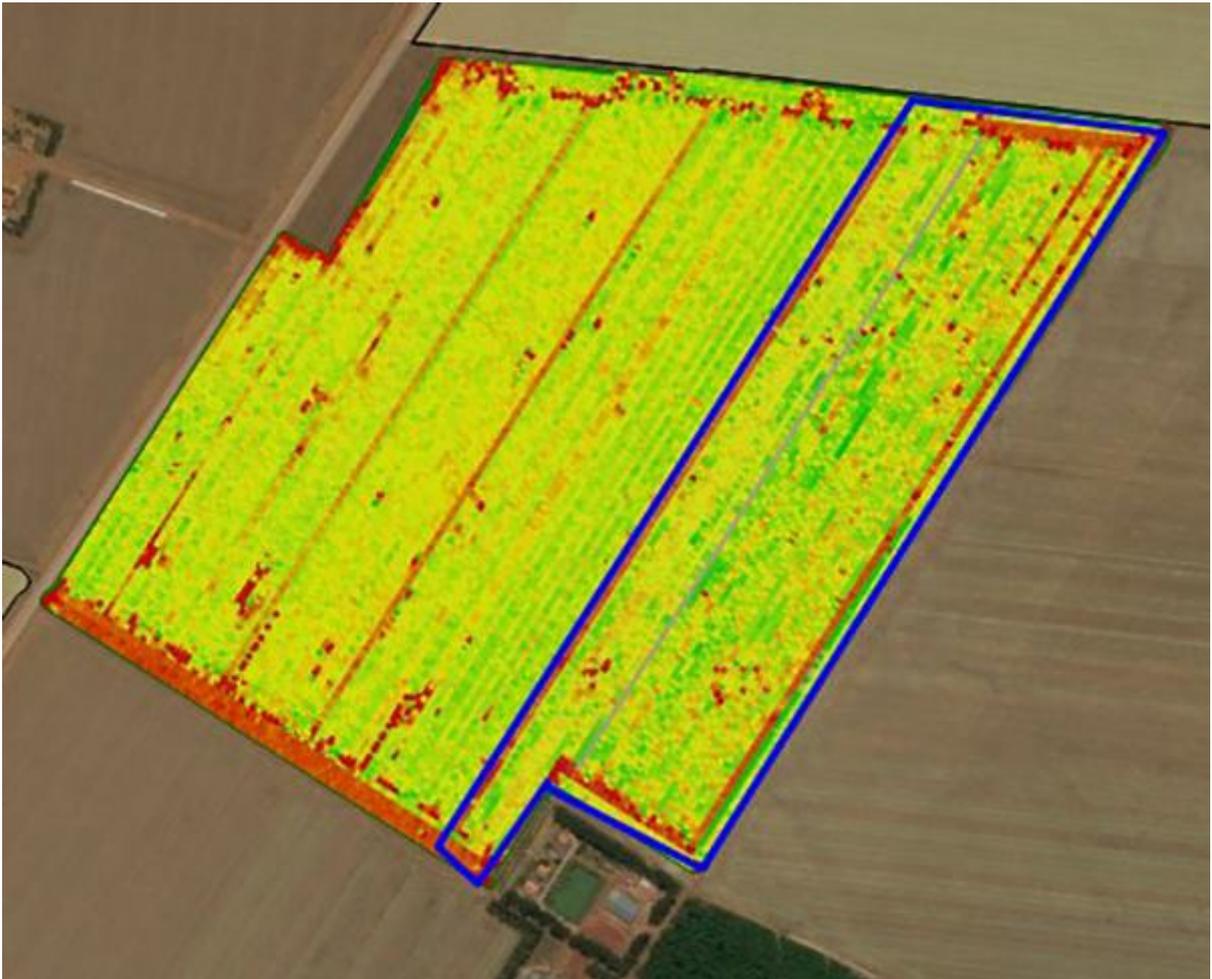


Figura 3: Mapa de produtividade com duas datas de plantio e dois híbridos diferentes

b. Aplicação química ou de fertilizante: bicos entupidos ou gastos desuniformemente são responsáveis por falhas na dosagem correta de defensivos. Em relação aos aplicadores de fertilizante, o erro mais comum observado é a questão de tamanho da faixa de aplicação. Essas duas situações podem trazer problemas de variabilidade de produtividade em um talhão e sempre são diagnosticadas em faixas de aplicação.

c. Compactação de solo: inúmeros são os motivos causadores de compactação dos solos, entre eles pode-se considerar o tráfego de máquinas e também coisas simples, mas observadas com frequência no campo, como a deposição de calcário ou adubo.

d. Qualidade de plantio: a qualidade de semeadura é uma das operações mais importantes para a produtividade. Erros comuns, como problemas específicos de linhas de plantio nas plantareiras, podem levar a diferentes populações de plantas, e isso resultará em uma interpretação duvidosa dos dados de colheita.

2. Variabilidades provocada pelo manejo do produtor contra a direção das aplicações: essa variabilidade é mais comumente dispersa no campo em forma de reboleiras e pode apresentar desde problemas fáceis de resolver até problemas mais complexos.

a. Histórico de formação do talhão: Como podemos ver nas figuras 4A a 4E, o histórico de um talhão pode indicar fatores muito importantes. Diferentes datas de abertura de área, por exemplo, podem apresentar níveis diversos de pH do solo que, se não corrigido, pode resultar em produtividades distintas. Outro ponto importante são as estradas, uma vez que é comum alguns produtores decidirem mudar o sentido de uma estrada em um talhão. Nesses casos, a comparação do monitor de colheita com as imagens antigas mostra bem a situação.

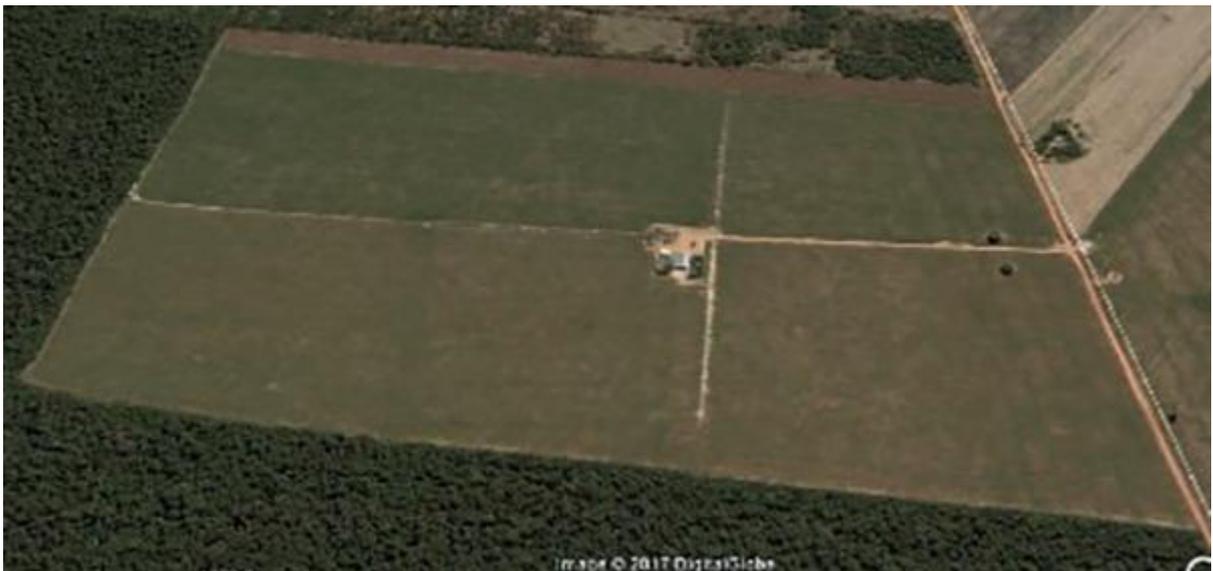


Figura 4A: Imagem do campo em 2003



Figura 4B: Imagem do campo em 2009

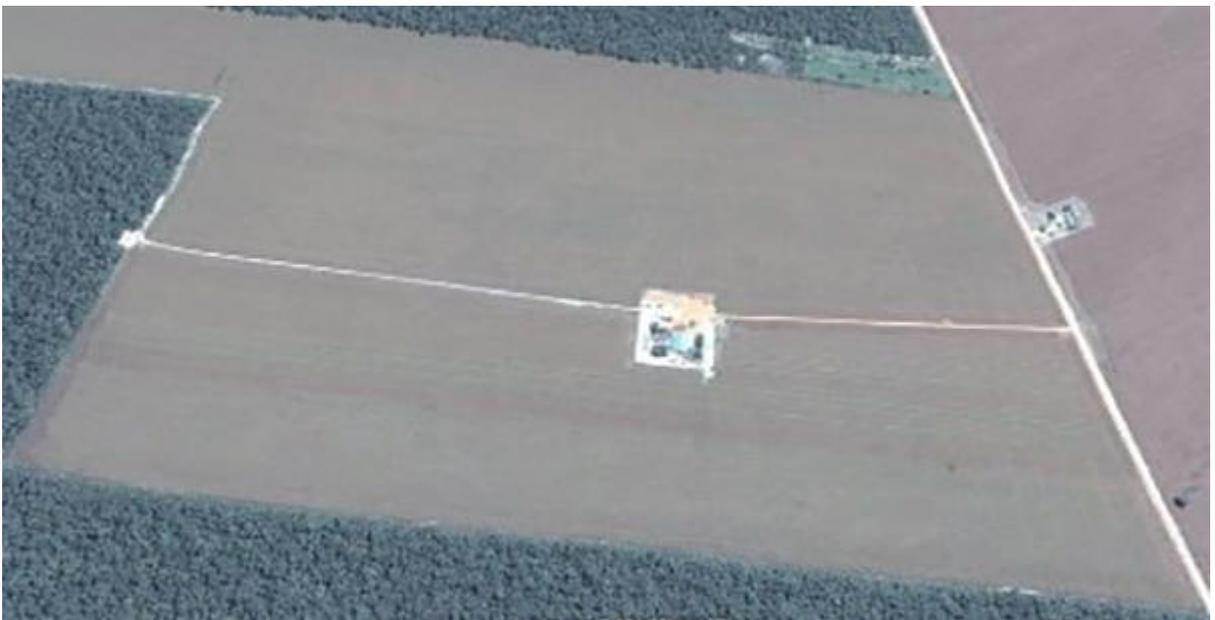


Figura 4C: Imagem do campo em 2013



Figura 4D: Imagem do campo em 2017

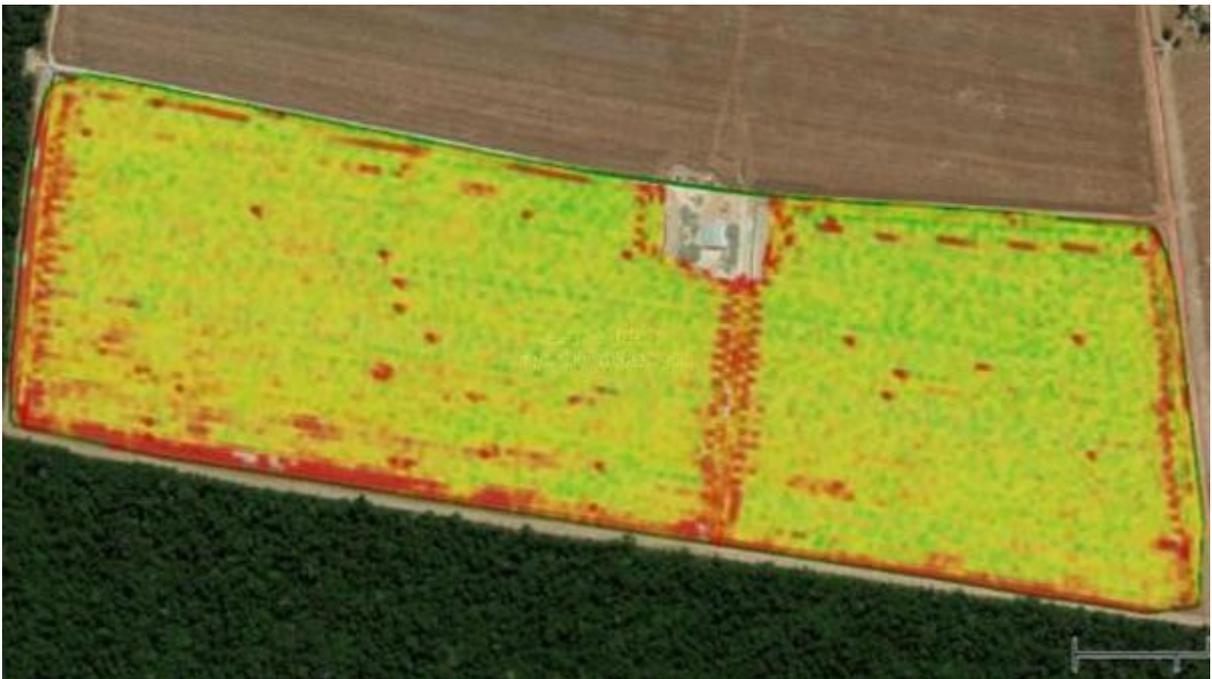


Figura 4E: Monitor de colheita de milho de 2017

b. Drenagem: solos mal drenados podem, entre outras coisas, diminuir irregularmente o nível de oxigênio das plantas, causar diminuição da produtividade,

e até mesmo a sua morte. Casos como este são facilmente observados em reboleiras dentro de um talhão.

3. Padrões irregulares de variáveis ocasionais: são padrões observados no mapa de colheita que podem ter (ou não) como fonte causadora, o manejo. A observação desses padrões pode ser feita em linhas irregulares ou área irregular.

a. Manchas de Herbicidas: problemas de bicos entupidos ou já desgastados irregularmente podem causar falhas nas aplicações das doses corretas de herbicidas. Em consequência disso, podem haver falhas no controle de plantas daninhas, o que resultará em diferenças de produtividades e será facilmente identificado pelo monitor de colheita.

b. Colheitas nas Bordas: todo o sistema de colheita tem opções para configurações em borda. Nesses sistemas é fácil configurar a altura que a plataforma de colheita desligará automaticamente o sistema de leitura. Mas, infelizmente, é muito fácil perceber que isso não é respeitado, e falhas de produtividade nas bordas dos talhões são facilmente encontradas. Essas falhas podem ser relacionadas à maior compactação das bordas, ou então a falhas de aplicação de fertilizantes, mas o mais comum, é estar relacionada a falhas no sistema.

c. Ataque de insetos nas bordas: atualmente há muita pressão de pragas que iniciam o ataque na lavoura pelas bordas (figura 5). Duas pragas bastante conhecidas são o percevejo e a cigarrinha do milho. Nesses dois casos, além de perdas de produtividade, também é observado o tombamento de plantas. É preciso ter cuidado ao analisar esse tipo de informação, pois podem levar a interpretações errôneas de fertilidade do solo.



Figura 5: Ataque de pragas nas bordaduras

d. Diferentes tipos de solo e mudanças de fertilidade: ao analisar o talhão da figura 6, verifica-se padrões de níveis de produtividade muito bem estabelecidos. Esses padrões podem ser explicados, observando os diferentes níveis de textura do solo, que levarão a diferentes níveis de produtividade.

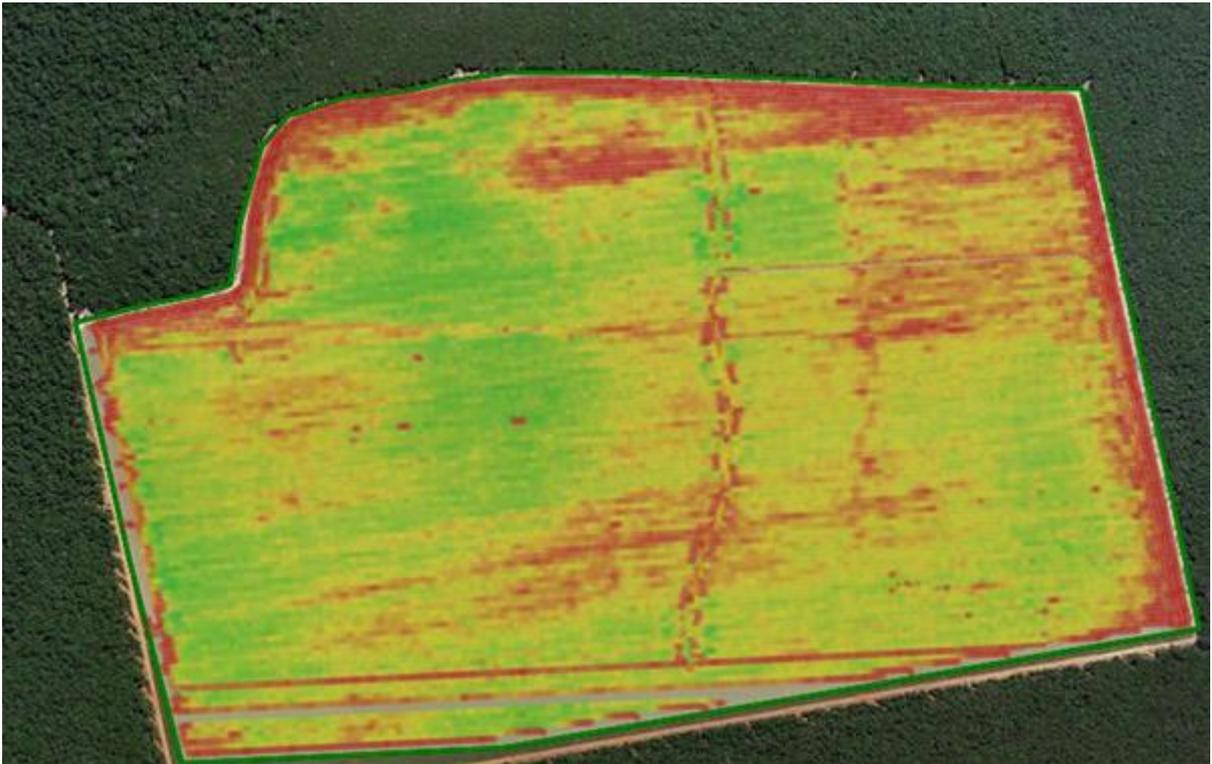


Figura 6: Diferentes tipos de solos e mudanças de fertilidade

Conclusão

Um mapa de colheita de qualidade com observações de campo, torna viável discussões agronômicas que podem auxiliar o produtor na tomada de decisão de manejo. Ter sistemas que auxiliem na tomada de decisão e no armazenamento das observações de campo coletadas é fundamental para facilitar as análises.

REFERÊNCIAS

<https://revistagloborural.globo.com/Tecnologia-no-Campo/noticia/2015/12/o-que-e-agricultura-de-precisao.html>>acesso em 20/02/2020

<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1461579/a-informatica-a-servico-da-agricultura>>acesso em 20/02/2020

https://www.agrolink.com.br/noticias/uso-da-informatica-no-campo-ajuda-agricultores-a-controlar-custos_145559.html>acesso em 20/02/2020

<https://www.sabbatini.com/renato/correio/cp980113.htm>>acesso em 20/02/2020

<http://www.ruralnews.com.br/visualiza.php?id=917>>acesso em 20/02/2020

<https://blog.aegro.com.br/software-para-agricultura-de-precisao/>>acesso em 20/02/2020

<https://boaspraticasagronomicas.com.br/noticias/agricultura-digital/>>acesso em 20/02/2020

<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/tecnologia-agropecuaria/agricultura-de-precisao-1/arquivos-de-agricultura-de-precisao/conceitos-relacionados-a-agricultura-de-precisao>>acesso em 20/02/2020

https://www.bambui.ifmg.edu.br/jornada_cientifica/2011/resumos/agronomia>acesso em 20/02/2020

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162008000400004>acesso em 20/02/2020

<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=22337&secao=Artigos%20Especiais>>acesso em 20/02/2020

http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do42_4.htm>acesso em 20/02/2020

<http://www.pioneersementes.com.br/blog/160/como-interpretar-a-variabilidade-de-productividade-de-um-talhao-usando-o-mapa-de-colheita>>acesso em 20/02/2020