



Agricultura de Precisão

Boletim Técnico

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo

Agricultura de Precisão

Boletim Técnico

**Missão
Mapa**

*Promover o desenvolvimento sustentável e
a competitividade do agronegócio
em benefício da sociedade brasileira.*

Brasília / DF

2009

© 2009 Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
Todos os direitos reservados. Permitida a reprodução desde que citada a fonte.

A responsabilidade pelos direitos autorais de textos e imagens desta obra é do autor.

1ª edição. 2009

Tiragem: 10.000 exemplares

Elaboração, distribuição, informações:

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO
Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo
Departamento de Propriedade Intelectual e Tecnologia da Agropecuária
Coordenação de Acompanhamento e Promoção da Tecnologia Agropecuária
Esplanada dos Ministérios, Bloco D, 2º andar, Anexo A sala 248
CEP: 70043-900, Brasília - DF
www.agricultura.gov.br
e-mail: capta@agricultura.gov.br

Equipe Técnica: Álvaro A. N. Viana , João Cruz Reis Filho, Katia Marzall, Marilena A. F. Holanda e Ricardo Cavalcanti Júnior

Coordenação Editorial: Assessoria de Comunicação Social

Impresso no Brasil / *Printed in Brazil*

Catálogo na Fonte
Biblioteca Nacional de Agricultura – BINAGRI

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
Agricultura de precisão/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. – Brasília :
Mapa/ACS, 2009.
31 p.

ISBN 978-85-99851-90-6

1. Agricultura. I. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. II. Título.

AGRIS E50
CDU 631

Apresentação

A Agricultura de Precisão (AP) compreende um conjunto de técnicas e metodologias que visam otimizar o manejo de cultivos e a utilização dos insumos agrícolas, proporcionando máxima eficiência econômica. As ferramentas de AP permitem o uso racional dos fertilizantes e agrotóxicos garantindo a redução dos impactos ambientais decorrentes da atividade agrícola.

O fomento da agricultura de precisão pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) iniciou-se com a criação da Coordenação de Acompanhamento e Promoção da Tecnologia Agropecuária (CAPTA) e do Departamento de Propriedade Intelectual e Tecnologia da Agropecuária (DEPTA) em 2005. Nesta oportunidade, as novas demandas globais e questões estratégicas foram inseridas nas competências do Mapa por um processo de reestruturação, que foi consolidado pelo Planejamento Estratégico da instituição.

A missão de promover o desenvolvimento sustentável e a competitividade do agronegócio em benefício da sociedade brasileira, incorporada em todas as ações da Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo (SDC), criou um ambiente favorável e inovador para o fomento da AP. Em 2007, o setor produtivo e a academia, sob liderança do Mapa, uniram seus esforços

e criaram o Comitê Brasileiro de Agricultura de Precisão (CBAP). Com caráter consultivo e propositivo, o CBAP vem buscando as soluções para os principais gargalos que restringem o desenvolvimento da AP no Brasil, por exemplo, pela criação de um edital específico para pesquisas na área. Neste contexto, este Boletim Técnico visa desmitificar a AP, esclarecendo conceitos e fornecendo informações técnicas relevantes para técnicos e agricultores interessados.

Agricultura de Precisão

O que é Agricultura de Precisão?

A agricultura de precisão (AP) é um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variação espacial de propriedades do solo e das plantas encontradas nas lavouras e visa à otimização do lucro, sustentabilidade e proteção do ambiente. Trata-se de um conjunto de tecnologias aplicadas para permitir um sistema de gerenciamento que considere a variabilidade espacial da produção. Existem relatos de que se trabalha com AP desde o início do século XX. Porém, a prática remonta aos anos 1980, quando na Europa foi gerado o primeiro mapa de produtividade e nos EUA fez-se a primeira adubação com doses variadas. Mas o que deu o passo determinante para a sua implementação foi o surgimento do GPS (Sistema Posicionamento Global por Satélites), em torno de 1990. No Brasil, as atividades ainda muito esparsas datam de 1995 com a importação de equipamentos, especialmente colheadoras equipadas com monitores de produtividade.

A AP tem várias formas de abordagem, mas o objetivo é sempre o mesmo – utilizar estratégias para resolver os problemas da desuniformidade das lavouras e se possível tirar proveito dessas desuniformidades. São práticas que podem ser desenvolvidas em diferentes níveis de complexidade e com diferentes objetivos.

José Paulo Molin
USP/ESALQ



Hoje, especialmente no Brasil, as soluções existentes estão focadas na aplicação de fertilizantes e corretivos em taxa variável, porém não se deve perder de vista que AP é um sistema de gestão que considera a variabilidade espacial das lavouras em todos seus aspectos: produtividade, solo (características físicas, químicas, compactação etc), infestação de ervas daninhas, doenças e pragas.

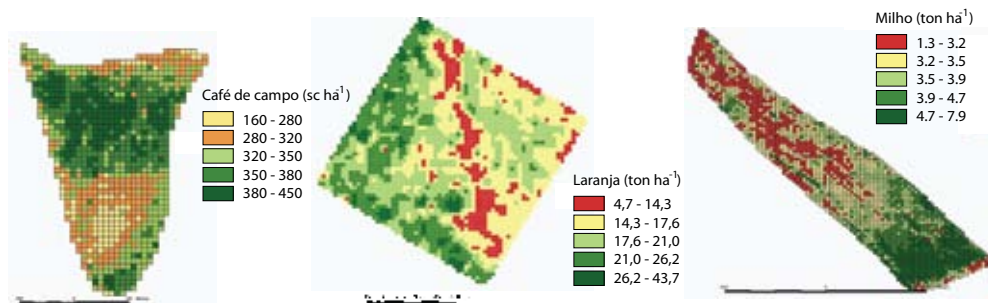


Figura 1. Exemplos de mapas de produtividade de diferentes culturas mostrando a grande variabilidade espacial das lavouras, expressa pelo seu resultado final que é a colheita.

Sob a ótica do uso de fertilizantes e corretivos, resumidamente existem duas estratégias que podem ser adotadas. A mais simples delas está relacionada ao manejo da fertilidade do solo por meio do gerenciamento da sua correção e adubação (fertilizantes, calcário e gesso) das lavouras com base apenas em amostragem georreferenciada do solo. Esta tem sido a estratégia para iniciação da grande maioria dos usuários brasileiros, especialmente nas áreas de grãos

e cana-de-açúcar. É uma abordagem bastante simples e rápida. Do planejamento de uma amostragem sistemática de solo (amostragem em grade ou “grid”), passando pela sua retirada no campo, análise no laboratório, processamento dos dados e geração dos mapas de aplicação, por vezes, não é necessário mais do que 15 dias. Essa agilidade satisfaz o usuário que parte para soluções dessa natureza, normalmente em busca de economia de insumos.

A outra estratégia é mais ampla e mais elaborada e considera as plantas, pois leva em consideração a produtividade das culturas anteriores para se fazer a reposição dos nutrientes extraídos. É uma abordagem que exige a geração dos mapas de produtividade, portanto exige mais equipamento, mais trabalho e maior domínio por parte do usuário ou de seu consultor. É uma estratégia que demanda mais tempo para a construção de um consistente conjunto de dados, mas a solução é proporcionalmente mais acertada por considerar também a variabilidade da produtividade da lavoura e não apenas aquela do conteúdo de nutrientes no solo.

A maior quantidade de dados implica em informação mais consistente e o conseqüente diagnóstico referente à variabilidade presente tenderá a ser mais acertado. Dessa forma, dados de produtividade expressos por mapas são fundamentais e a interpretação da variabilidade presente nas lavouras e evidenciada nos mapas de produtividade, implica em uma relação entre causas e efeito. A interpretação e explicação para os fatos é a tarefa mais complexa, em que devem ser identificados os fatores que podem estar causando as baixas produtividades onde elas se manifesta-



rem. É nesse contexto que devem ser aplicados os conceitos agrônômicos que hoje são conhecidos, porém diferenciados para cada pequena porção da lavoura e esse não é um desafio simples.

Outra grande diferença entre estratégias pode ser quanto aos objetivos que o usuário deve estabelecer. Uma abordagem pode ser a busca do aumento da produtividade e a outra pode ser a redução do consumo de insumos. Parece simples, mas a confrontação dessas duas visões tem muitos desdobramentos e compromissos.

Num primeiro momento, especialmente para aqueles que adotam AP apenas com base na amostragem georreferenciada de solo, as maiores chances estão na economia de calcário e de fertilizantes, com a aplicação destes em dose variável dentro de cada talhão. Este tem sido o resultado para a maioria dos usuários que se aventuram nessa técnica, indicando que a prática anterior, de aplicação de dose única, resultava em erro para mais, o que é perfeitamente compreensível quando a tomada de decisão pela recomendação de uma dose para toda a lavoura é feita de forma conservadora.

A busca por maiores produtividades com o uso de AP implica em estratégias mais elaboradas que normalmente estão associadas a aqueles usuários que investiram mais em dados e conhecimento e dispõem de mapas de produtividade. Em AP, atestar aumento de produtividade não é algo que se faz simplesmente comparando resultados de fechamento entre safras. No entanto, para aqueles que optam por fazer intervenções na fertilidade do

solo, mesmo que apenas com base nas amostragens, é de se esperar que com a realocação dos insumos sejam diminuídos os desequilíbrios e num segundo momento a produtividade das culturas tenda a melhorar.

Sobre esse aspecto, nas lavouras de grãos, em plantio direto, por exemplo, a opção pela economia de insumos, especialmente em anos em que os preços do produto estão baixos, parece ser uma boa seleção. Já um produtor de café, que trabalha com cultura de valor agregado significativamente maior, normalmente não deve focar redução de consumo de insumos e sim a busca pelo aumento de produtividade e qualidade do produto, dentro dos limites econômicos.

Especialistas ou empresas de consultoria e prestação de serviços na área de amostragem e geração de mapas têm se multiplicado pelo país. Os valores praticados pelos serviços variam dependendo de vários fatores, dentre eles da densidade de amostras.

Para a aplicação dos produtos é indispensável a disponibilidade de um componente eletrônico que governa um motor hidráulico que aciona o dosador e regula a taxa de aplicação dos produtos pela máquina. Isso é feito com a instalação de um controlador em máquinas, que hoje ambos estão disponíveis no mercado brasileiro, com vários modelos nacionais e importados. Alguns controladores são mais sofisticados do que outros, mas a função básica de governar as doses de produtos a serem aplicadas, todos desempenham.

Quem pode fazer?

É importante não esquecer que tudo isso só funciona se houver quem saiba fazer o sistema funcionar e o sistema só funciona com dedicação e organização, especialmente no que diz respeito aos dados gerados que devem ser rigorosamente analisados e armazenados. Essa é a tarefa que poucos agricultores se dão ao luxo de fazer e nesses casos a solução é ir à busca de quem sabe e pode ajudar.

O tamanho da propriedade ou das áreas não é o mais relevante. Desde que se possa amortizar o valor dos equipamentos, tê-los na fazenda é sempre mais recomendável. Mas a terceirização da aplicação dos produtos em taxa variável também é uma opção, se houver esse tipo de serviço na região.

Para o caso de não se ter nem um e nem outro, ainda resta a opção da aplicação de calcário e adubos por zonas previamente demarcadas na lavoura. Nesse caso a aplicação não vai ficar tão bem distribuída porque serão aplicadas doses constantes dentro de cada zona e tem que haver nova regulagem para cada uma. Esse é o papel do controlador eletrônico que automatiza todo esse processo.

GPS, barra-de-luz e piloto automático

O maior impulso que a AP teve, sem dúvida, foi com o surgimento do GPS, que, com a existência do GLONASS (Rússia) e o anúncio de outros sistemas como o Galileo (União Europeia) e

Compass (China), dão origem à sigla GNSS ou Sistemas de Navegação Global por Satélites. Os primeiros usuários de tecnologia GPS na agricultura brasileira não foram especificamente para AP, mas sim na aviação agrícola, a partir de 1995. Nessa época, a única maneira de poder utilizar GPS era com alguma forma efetiva e prática de correção diferencial em tempo real. Esse sinal era suprido pelos próprios usuários a partir de estações temporariamente estacionárias, equipadas com rádio transmissor e em 1997 surgiram os serviços de correção via satélite, com sinal pago.

Os dispositivos popularmente conhecidos como “barra de luz” tiveram inicialmente grande expansão na aviação agrícola e depois na pulverização terrestre e hoje são largamente utilizados para direcionamento em passadas paralelas em várias operações que não exigem precisão com erros menores que 0,3 m entre passadas. Tais dispositivos, para oferecer essa precisão, exigem um receptor de GPS com boa especificação, normalmente não compatível com aqueles que equipam os controladores de taxa variável, por exemplo.

A evolução natural para a orientação em faixas paralelas com as “barras de luz” deu origem aos sistemas de auto-esterçamento ou piloto automático. Estudos sobre veículos autônomos agrícolas, principalmente relacionados ao desenvolvimento do sistema de piloto automático surgiram no início de 1960, apesar disso, apenas mais recentemente eles têm sido desenvolvidos com sucesso.



O sistema de auto-esterçamento propicia aumento da capacidade de cultivar mais áreas com o mesmo maquinário em razão do aumento do número de horas trabalhadas devido ao menor cansaço, à maior velocidade alcançada e à redução da sobreposição. Também permite praticar o controle de tráfego das operações em campo, que é a organização e controle criterioso das passadas de máquinas sobre o solo das lavouras de forma organizada para minimizar a compactação, concentrando-a em locais que podem depois ser manejados localizadamente. Essa automação, ligada à orientação e auto-esterçamento de veículos tem um significado muito expressivo para a agricultura porque provavelmente marca o início de uma jornada que não se sabe exatamente onde vai chegar, mas certamente vai fomentar definitivamente a robótica aplicada à agricultura.

Os mapas de produtividade - como são gerados e para que servem

O mapa da colheita é a informação mais completa para se visualizar a variabilidade espacial das lavouras. Várias outras ferramentas têm sido propostas para se identificar as manchas existentes em um talhão. É assim que as fotografias aéreas, as imagens de satélite, a videografia e outros têm sido testados e utilizados. Todas têm seu potencial, porém, o mapa de produtividade materializa a resposta da cultura com a melhor exatidão possível, considerando as tecnologias existentes para a sua mensuração.

No final dos anos 1980 surgiram as primeiras tentativas de se medir o fluxo de grãos em colhedoras de cereais e o primeiro monitor de colheita surgiu no mercado em 1991, na Europa. Uma característica importante é a presença de dois grupos distintos. O primeiro deles é aquele formado pelos equipamentos das empresas fabricantes das colhedoras e são fornecidos de fábrica. O outro grupo é de fabricantes de equipamentos próprios para a instalação em qualquer marca e modelo de colhedora.

O mapa de produtividade de um talhão é um conjunto de muitos pontos e cada ponto representa uma pequena porção da lavoura. Para se saber qual a quantidade de grãos colhidos é utilizado um sensor de fluxo no elevador de grãos limpos da colhedora. Para que o mapa represente grão seco (padrão comercial) é necessário medir a umidade com que está sendo colhido e para isso é utilizado um sensor específico, normalmente entre o meio e a saída do elevador. A largura do retângulo é a largura da plataforma da colhedora e o comprimento é a distância percorrida pela máquina durante um período de tempo pré-determinado, normalmente de um a três segundos. A posição do ponto é obtida por meio de um receptor de GPS que dá o posicionamento correto da latitude e longitude da máquina.



Os dados são instantaneamente armazenados em algum dispositivo de memória no monitor propriamente dito (computador de bordo dedicado). A forma dos arquivos gerados é particular para cada fabricante e pode ser visualizada como mapa. O mapa é um conjunto de pontos; aqueles pontos delimitados por uma área de alguns metros quadrados composta pela largura da plataforma e a distância percorrida entre duas leituras. A montagem do mapa nada mais é do que o gráfico que contém cada um daqueles pontos num sistema cartesiano, onde o eixo “x” é a longitude e o eixo “y” é a latitude. Basta que se escalonem os pontos em diferentes cores ou tons para diferentes valores de produtividade, obtidos naquela tabela de dados gerados no campo. Essa é uma das formas de se visualizar o mapa. Outra forma bastante comum é a representação do mapa por linhas de “iso-produtividade”, ou seja, isolinhas que delimitam regiões com produtividades dentro de um mesmo intervalo. Para se obter esse mapa é apenas necessário se manipular alguma função específica do software de mapa que acompanha o monitor ou a colhedora. Por trás de tudo isso existe um método de interpolação entre os pontos e de atenuação das pequenas variações locais.

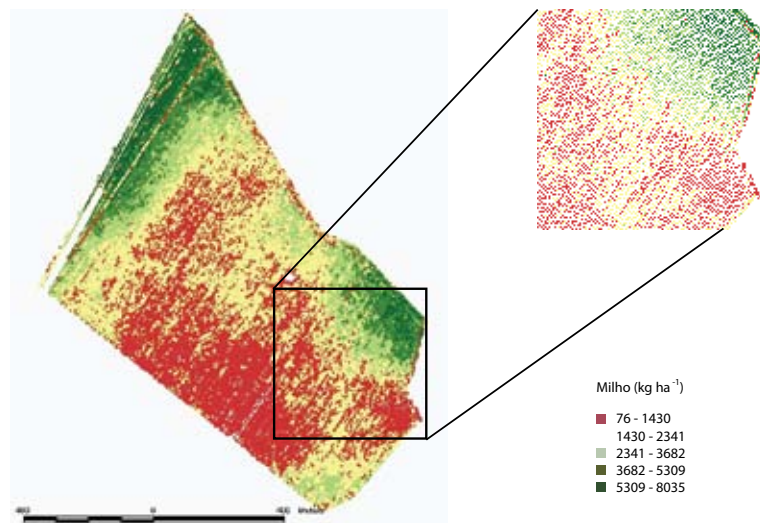


Figura 2. O mapa de produtividade gerado pelos dados obtidos pelo monitor é um conjunto de pontos; cada ponto representa uma pequena área delimitada pela largura da plataforma da colhedora, com intervalos de 2 a 3 segundos.

Os dados coletados apresentam suas limitações e erros e é sempre necessário um tratamento preliminar antes de transformá-los em um mapa para análise e tomada de decisões. Tais erros são intrínsecos ao processo de geração dos dados e às limitações dos sistemas e não devem ser motivo para descrédito, apenas uma preocupação e uma tarefa (obrigatória) a mais. Além disso, a manipulação de alguns parâmetros de construção do mapa é de extrema importância para uma boa visualização. Se forem atribu-

idos intervalos de produtividades sem muito critério pode-se esconder informações importantes de manchas da lavoura. Todos os programas de visualização de mapas permitem alguma forma de manipulação desses parâmetros.

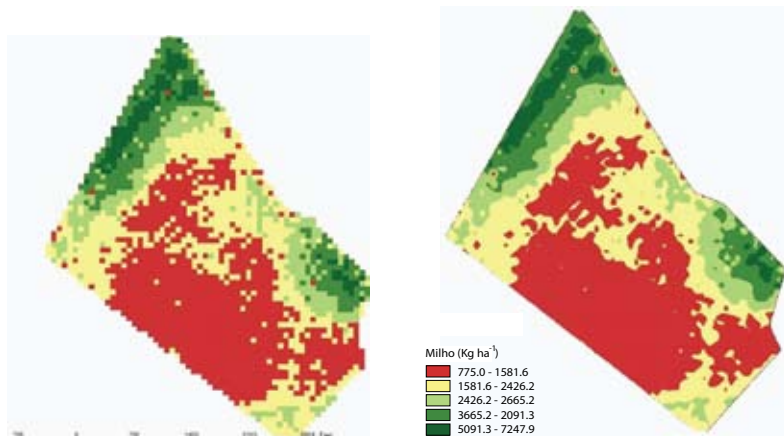


Figura 3. O mapa da esquerda é resultado da interpolação entre pontos e representa a superfície de produtividade em formato "raster" (pixels); o mapa da direita é a representação da mesma superfície pelas isolinhas de produtividade (vetorial).

Os dados coletados apresentam suas limitações e erros e é sempre necessário um tratamento preliminar antes de transformá-los em um mapa para análise e tomada de decisões. Tais erros são intrínsecos ao processo de geração dos dados e às limitações dos sistemas e não devem ser motivo para descrédito, apenas uma preocupação e uma tarefa (obrigatória) a mais. Além disso, a manipulação de alguns parâmetros de construção do mapa é de

extrema importância para uma boa visualização. Se forem atribuídos intervalos de produtividades sem muito critério pode-se esconder informações importantes de manchas da lavoura. Todos os programas de visualização de mapas permitem alguma forma de manipulação desses parâmetros.

A calibração é um processo que depende de cada equipamento, mas basicamente é necessário se transformar o número gerado pelo sensor de fluxo em um valor equivalente ao que a balança demonstra. Se o sensor tem boa linearidade e está ajustado para a máquina e o produto que está sendo colhido, a calibração será um processo de ajuste entre o que de fato está sendo colhido (peso da balança) e o que o monitor está mostrando. Normalmente uma seqüência de pesagem de alguns tanques graneliros cheios é suficiente para se calibrar a máquina para um novo produto, lembrando que é importante repetir a calibração sempre que se mudar de cultura.

Os mapas de produtividade são de primeira importância, não somente porque mostram a variabilidade das lavouras, mas também porque numa abordagem mais correta para a recomendação de adubação do ciclo seguinte, leva-se em consideração a produtividade da cultura anterior para se fazer a reposição dos nutrientes extraídos. Isso significa que não basta a amostragem georreferenciada do solo, que somente considera os teores de nutrientes disponíveis no solo. Trata-se de uma estratégia que demanda tempo para a construção de um consistente conjunto de dados, mas a solução é proporcionalmente mais acertada por considerar também a variabilidade da produtividade da lavoura e não apenas aquela do conteúdo de nutrientes no solo.

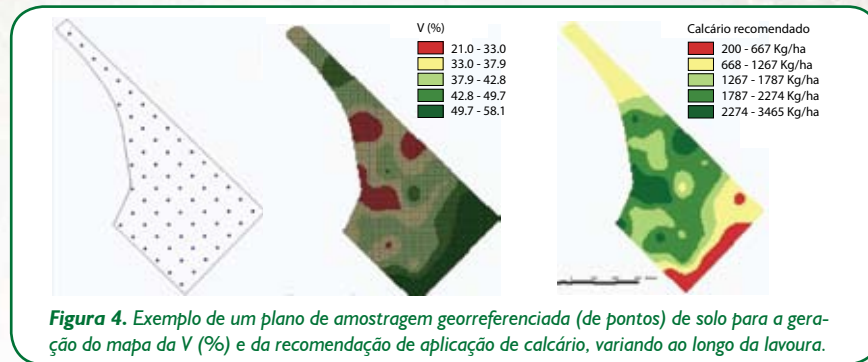
Muitas das demais culturas já têm solução comercial para a geração de mapas de produtividade. No caso da cana-de-açúcar, no Brasil já existem produtos tanto para colheita mecanizada como para corte manual. Também existe solução comercial para o café em colheita mecanizada e algumas soluções práticas para os citros.

A prática da amostragem georreferenciada de solo

A técnica que tem se tornado bastante popular é a geração do mapa individual para cada indicador da fertilidade do solo. Para isso é necessário investimento na coleta de amostras na forma que se convencionou denominar de amostragem em grade. Ela tem o objetivo de determinar as necessidades do solo com maior detalhamento que com a prática da amostragem convencional. Para tanto, divide-se o talhão em quadrículas imaginárias, regulares ou não, e em cada quadrícula retira-se amostras de solo que irão para



o laboratório. Podem-se usar diferentes estratégias para amostragem em grade. A mais comum delas é a amostragem pontual onde as amostras serão coletadas no centro de cada quadrícula.



Utiliza-se GPS para localizar cada um desses pontos e retira-se algumas sub-amostras em torno do ponto para então juntá-las e compor a amostra que será enviada ao laboratório e representará aquele ponto. A composição da amostra é muito importante para eliminar ou pelo menos diminuir bastante a interferência de ocorrências locais, naturais ou não, tais como uma pequena mancha de alta fertilidade causada pela semeadora no ciclo anterior, ou então o local onde houve um acúmulo acidental de adubo. O número de sub-amostras é um aspecto bastante polêmico e de difícil definição. O solo é um ambiente bastante heterogêneo, mesmo a pequenas distâncias e para cada componente que se queira analisar, essa heterogeneidade terá um comportamento próprio. Na prática tem-se utilizado números de sub-amostras que vão de 3 a 12.

Outra estratégia de amostragem é fazer-se a coleta espalhada e aleatória dentro de toda a quadrícula ou célula. As várias sub-amostras são então combinadas para formar a amostra que irá ao laboratório.

No primeiro caso, com amostragem de pontos, é possível adotar o procedimento denominado de interpolação, que consiste em estimar valores nas regiões não amostradas da lavoura. No caso da amostragem por célula não há como se fazer a interpolação porque não existe um valor para os atributos do solo centrado em um ponto e cada célula é então tratada com uma unidade de manejo.

A estratégia da amostragem por células é recomendada para casos em que a densidade amostral, por algum motivo, é limitada e nesse caso utilizam-se células ou quadrículas grandes, da ordem de 5 a 20 hectares. Já na amostragem por pontos deve haver uma investigação preliminar para definir a distância entre amostras. Nesse caso é importante que haja o suporte de algum especialista que possa conduzir ou orientar essa investigação. Um projeto piloto dentro da propriedade, envolvendo uma área representativa e suficientemente grande, permite que essa investigação com o uso de conceitos da Geoestatística indique uma distância e, portanto uma densidade amostral adequada.

Aspectos relativos a ferramentas e métodos de coleta de amostras apenas devem respeitar os procedimentos que garantem a qualidade das amostras. Quanto à mecanização ou automatização da coleta, fica por conta do usuário, visando apenas à ergonomia, conforto e custo.

Os itens de análise a serem solicitados do laboratório têm a ver com o que se está investigando. Portanto a inclusão de micronutrientes é válida para uma investigação mais detalhada, porém representará custos adicionais. Sabe-se que a distribuição granulométrica ou textura do solo tem uma participação importantíssima nas relações de trocas, disponibilidade de nutrientes, capacidade de armazenamento de água, tendência à compactação e tantas outras características do solo, o que sugere que na primeira amostragem seja feita também a análise granulométrica, que terá valor praticamente permanente.

A aplicação de insumos de forma localizada - taxa variável de corretivos e fertilizantes

A operação associada à aplicação de fertilizantes e corretivos tem variações significativas e dependentes do produto em si. Existe uma gama de produtos com diferença em seu estado físico. Os corretivos se restringem ao estado sólido e no caso dos fertilizantes, predominam os sólidos, embora existam sinais de expansão do uso de fertilizantes líquidos.

A forma de aplicação desses produtos é bastante variada, justamente pelas diferenças físicas que o produto pode apresentar. Para a aplicação dos produtos sólidos existem diferentes opções de equipamentos à disposição do produtor (Quadro 1). As principais máquinas para aplicação de fertilizantes e corretivos sólidos são as aplicadoras a lanço, que podem ser de distribuição centrífuga ou pendular, de linhas individuais ou conjugadas com



distribuidor de queda livre e as aplicadoras com distribuição pneumática, ainda pouco utilizadas.

Quadro I – Formas e sistemas de aplicação de produtos sólidos

Formas de aplicação de fertilizantes e corretivos sólidos

- A lança
 - Superfície total
 - Faixas
- Em linhas (normalmente em sulco)

Mecanismos dosadores - definem a vazão

- Gravitacionais (abertura de seção variável com agitador mecânico)
- Volumétricos (esteira, rotor, rosca)

Mecanismos distribuidores - definem a largura de aplicação e a uniformidade

- Queda livre (“cocho”)
 - Transportador mecânico (rosca)
 - Força centrífuga (discos)
 - Inércia (pêndulo)

 - Pneumáticos (aerotransportados)
-

Quanto mais sofisticada e conseqüentemente, mais cara for a máquina, mais recursos de regulagens haverá no mecanismo distribuidor. Os distribuidores centrífugos de discos exigem algumas regulagens básicas no que concerne à vazão e largura de trabalho. No caso do mecanismo distribuidor centrífugo de discos, há ajustes de comprimento, número e posição das aletas sobre os discos e local de queda do produto no disco. Esses ajustes alteram totalmente a deposição transversal do produto. É essencial que o manual da máquina seja sempre consultado quando se

trata de escolher um produto para uma dada largura efetiva de aplicação ou vice-versa. Caso essa informação não esteja contemplada no manual deve ser feita uma verificação por meio de um teste, pois a largura de trabalho é determinada como função de uma regularidade mínima da dosagem desejada, obtida a partir de uma sobreposição com as passadas adjacentes. Nem sempre a informação contida nos manuais é exata e, de forma geral um teste para verificação ou definição da largura de trabalho é sempre bem vindo.

A aplicação de calcário é predominantemente feita em superfície total. Os equipamentos disponíveis para aplicação de produtos em pó, até pouco tempo, se resumiam a aqueles equipados com mecanismos distribuidores de queda livre (“cocho”), marginalmente o mecanismo de inércia (pêndulo), e em maior quantidade os centrífugos (discos). A largura efetiva, especialmente das máquinas a lança, depende de sobreposição e sempre há incertezas associadas à decisão.



Figura 5. Máquina típica para a aplicação de sólidos, especialmente de calcário e gesso, com mecanismo dosador de esteira e mecanismo distribuidor centrífugo a lança, de dois discos.

Para se ter uma máquina capaz de fazer a aplicação de produtos em taxa variável é necessário que exista um controle externo do seu mecanismo dosador. No caso de mecanismo dosador volumétrico, ou seja, de máquinas com esteira dosadora, esse controle se dá por meio de um motor, normalmente de acionamento hidráulico, com comando de vazão do óleo por conta de uma válvula de controle eletrônico. Da mesma forma, se o mecanismo dosador for gravimétrico, de orifício e agitador, o controle externo dar-se-á por conta de um atuador linear com controle eletrônico que vai abrir e fechar o orifício, definindo então as vazões requeridas.

Existe no mercado uma variedade de equipamentos dessa natureza e são normalmente denominados de controladores para aplicação em taxa variável. Muitos deles são caracterizados como genéricos, ou seja, podem ser instalados em praticamente qualquer máquina. Outros são associados a máquinas específicas e são montados na fábrica. Também servem para equipar as semeadoras-adubadoras, tanto para variar a dose de adubo como de sementes. Nesse caso deve ser destacado o fato de que na semeadura se utiliza adubos formulados em um reservatório único, o que é totalmente incompatível com os conceitos de aplicação em taxa variável, pois se geram mapas individuais para cada componente.



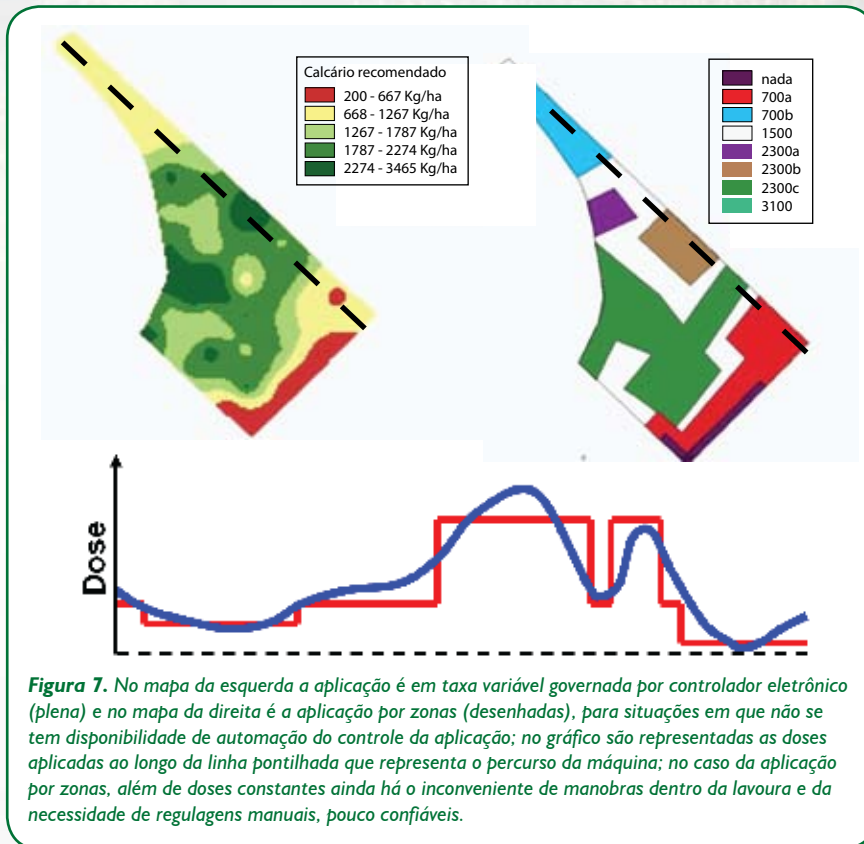
Figura 6. Exemplos de sistemas com motor hidráulico que aciona o dosador e regula a taxa de aplicação dos produtos pela máquina a partir de controle eletrônico e mapa de recomendação

Os controladores possuem uma CPU e podem apresentar, ou não, uma tela que mostra o percurso da máquina em campo e o que já foi aplicado. O programa que gerencia esses controladores requer a informação de coordenadas e de doses. Isso significa que o arquivo digital que contém o mapa de aplicação é basicamente um arquivo de três colunas – X (latitude), Y (longitude) e Z (dose). Cada equipamento tem a sua forma de inserção de arquivos (mapas), podendo ser por mídia compacta (PCMCIA, flash, pen drive, etc.) ou por comunicação via porta serial entre um computador externo e a CPU. Na CPU é armazenado o arquivo que pode ser de algum formato genérico ou proprietário (código). Esses equi-

pamentos normalmente possuem seu próprio receptor de GPS, de baixo custo e sem recursos de correção diferencial, o que não compromete a qualidade da operação, mas não permite o uso de recurso de barra de luz, por exemplo.

Muitos agricultores optam por fazer a aplicação dos insumos pelo que é chamado erroneamente de “zonas de manejo”. Esse método consiste na definição e demarcação em campo de divisas para setores do talhão onde serão aplicadas doses diferenciadas entre elas, porém constantes dentro dos tais setores. O conceito de “zonas de manejo” ou mais apropriadamente, unidades de gerenciamento, subentende que todos os tratamentos sejam feitos uniformemente dentro de cada unidade. Portanto a aplicação de insumos por zonas definidas individualmente para cada insumo com base em teores obtidos a partir de amostragem em grade não pode ser confundida com unidades de gerenciamento e uma denominação mais apropriada seria unidades de aplicação ou “zonas de aplicação”.





Além da aplicação de sólidos é importante focar a aplicação de produtos para controle de invasoras, pragas e doenças em dose variável, que começa a sair da teoria. Alguns equipamentos já são oferecidos no mercado e permitem a aplicação de doses variáveis de líquidos em geral. Para permitir variação na vazão é

necessário um sistema de controle que gerencia o compromisso entre vazões variadas e pressão o mais constante possível. O tamanho das gotículas bem como o ângulo do leque produzidos nos bicos é função dessa pressão e fatores como a qualidade do molhamento e a deriva é função do tamanho das gotículas.

Uma preocupação relacionada a essa tecnologia é a minimização do tempo entre a ordem para a mudança de dose e a chegada dessa nova dose no alvo. Nas pesquisas recentes os protótipos têm chegado a valores desse tempo de retardo da ordem de 0,1 a 0,2 segundos. Como as pulverizações em equipamentos autopropelidos estão sendo praticadas com velocidades de até 20 km/h ou mais, esse tempo tem que ser bastante baixo para que se consiga qualidade na aplicação variada. Porém, sem dúvida, as maiores limitações estão na obtenção dos mapas de recomendação de aplicação de defensivos líquidos. Os produtos cujas técnicas avançaram mais são alguns herbicidas e inseticidas. As opções disponíveis para se definir zonas e doses desses insumos para montar um mapa digital para o controle da aplicação são várias, porém carecem de praticidade para serem utilizadas em larga escala.

Há bom potencial para a semeadura em taxa variável. Algumas culturas são relativamente sensíveis à população de sementes e em última análise, à população de plantas saudias. O milho é um desses casos, porém o melhoramento genético dos últimos tempos tem tentado tornar as variedades menos sensíveis a esse

aspecto. Mesmo assim a solução de variação da população de sementes tem sido explorada comercialmente.

Outra operação que tem bom potencial de exploração é a descompactação mecânica do solo por escarificação ou subsolagem, a partir do diagnóstico da presença de regiões da lavoura mais compactadas que as outras. É uma possibilidade para o plantio direto e para a cana-de-açúcar, dentre outros sistemas de produção.

Sensoriamento, sensores e o futuro da AP

Diretamente associado à aplicação de fertilizantes existem avanços recentes que devem ser acompanhados de perto. Um deles é a aplicação de fertilizantes nitrogenados em taxa variável com base na refletância das plantas em determinados comprimentos de ondas. Essa é uma área que tem recebido muito empenho por parte da pesquisa e da indústria e sensores óticos com luz própria para uso terrestre, próximo das plantas, têm sido usados para leitura, interpretação e recomendação em tempo real.

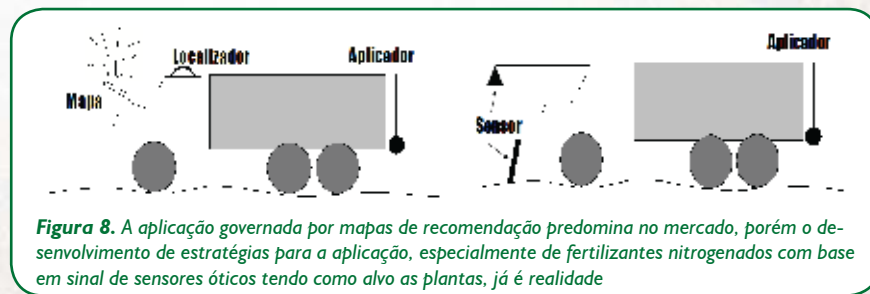


Figura 8. A aplicação governada por mapas de recomendação predomina no mercado, porém o desenvolvimento de estratégias para a aplicação, especialmente de fertilizantes nitrogenados com base em sinal de sensores óticos tendo como alvo as plantas, já é realidade

Assim, também em outras áreas desenvolvem-se técnicas para mensurar alguma característica de planta ou de solo para inferir sobre aspectos específicos de intervenção, na medida do possível, em tempo real. O caminho que dá atenção às plantas assume que estas têm como expressar suas deficiências a partir de indicadores e o indicador com mais potencial tem sido a refletância da luz incidente, especialmente na região do visível e do infravermelho próximo.

Tradicionalmente trabalha-se com a obtenção de imagens multiespectrais, por satélite ou avião, para a geração de diagnósticos e recomendação. O sensoriamento remoto (SR) tem sido utilizado para avaliar as condições das culturas em relação ao nitrogênio, incidência de pragas, invasoras e doenças. No entanto o SR tem seus desafios, pois a iluminação natural nem sempre está disponível, além da presença de nuvens, o que pode variar a intensidade e características espectrais dos alvos.

Com relação a sensores de solo, observa-se que os avanços, a quantidade de pesquisa e a diversidade de abordagens são ainda maiores que de plantas. O próprio penetrômetro, que mede a força de penetração de uma ponteira no solo, bem como as suas variações, tem sido utilizado para o diagnóstico da compactação pelo índice de cone (IC) desde os anos 1950.

Outra grande frente de trabalho em solo tem sido a mensuração da condutividade elétrica e hoje é uma técnica já incorporada às práticas de prospecção em alguns países. A condutividade elétrica é influenciada por diversos fatores do solo como a porosidade, concentração de eletrólitos dissolvidos, textura, quantidade e composição dos colóides, matéria orgânica e teor de água. Alguns resultados recentes de pesquisas conduzidas no Brasil têm mostrado boa correlação entre a condutividade elétrica e o teor de argila do solo. Os trabalhos com espectrofotometria de campo têm avançado e hoje já se anunciam equipamentos comerciais capazes de quantificar teor de água, matéria orgânica e textura. Da mesma forma, já se conhece sensores de pH, alguns já comerciais.

Existe ainda uma série de outras aplicações já pré-comerciais de automação da coleta de dados de características de solo e de plantas. Aplicações importantes e promissoras são aquelas que visam à detecção de plantas invasoras e vários princípios têm sido estudados, desde a refletância até a textura de imagens para a diferenciação de plântulas na aplicação localizada de herbicidas.

Percebe-se que a substituição das decisões, tanto de gestores como de operadores, por sistemas inteligentes, é uma tendência e uma necessidade. O desenvolvimento de equipamentos que utilizem os princípios já conhecidos e aplicados em outras áreas,



personalizados para a agricultura moderna é uma necessidade e a AP está pressionando para que essas soluções surjam o mais rápido possível. A continuidade e expansão da agricultura extensiva, combinada com as exigências e detalhamentos da AP, só será possível com a automação de parte significativa das decisões e ações hoje realizadas por humanos. Espera-se que essas venham a ser no futuro práticas comuns, sustentáveis e mais acertadas do que as que se dispõem hoje para o gerenciamento das lavouras.