



# 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

2011

© 2011 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.

2ª edição revisada e atualizada. 2011

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:** Izaías de Carvalho Filho, Katia Marzall, Marilena A. F. Holanda e Roberto Lorena de Barros Santos

**Contribuição Técnica:** Ricardo Yassushi Inamasu - Embrapa e José Paulo Molin - ESALQ/USP

**Coordenação Editorial:** Assessoria de Comunicação Social

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, 2011.  
36 p.

ISBN 978-85-99851-90-6

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

AGRI E50  
CDU 631

---

## Apresentação

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

O fomento da AP 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 Agropecuária (DEPTA) em 2005. Naquela 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 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, discussão para viabilização de cursos de capacitação técnica para técnicos e operadores de máquinas com tecnologia eletrônica embarcada, apoio à projetos que disponibilizem esta tecnologia aos produtores, principalmente aos pequenos e médios produtores.

Nosso grande desafio é disponibilizar esta tecnologia para os pequenos e médios produtores, como ferramenta para promover a competitividade e sustentabilidade do agronegócio brasileiro, não só pelo uso racional de insumos, mas também por ser uma ferramenta importante para a gestão das atividades agropecuárias, gestão hídrica, rastreabilidade, defesa agropecuária e monitoramento dos impactos ambientais. A aplicação desta tecnologia vai muito além das atividades agrícolas, pois tem um enorme potencial e aplicabilidade nas atividades pecuárias, como em Zootecnia de Precisão, auxiliando, principalmente, na promoção do conforto e bem estar animal. Neste contexto, este Boletim Técnico visa quebrar alguns paradigmas relativos à AP, difundir a tecnologia para Zootecnia de Precisão, desmistificando, esclarecendo conceitos e fornecendo informações técnicas relevantes bem como 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 colhedoras equipadas com monitores de produtividade.

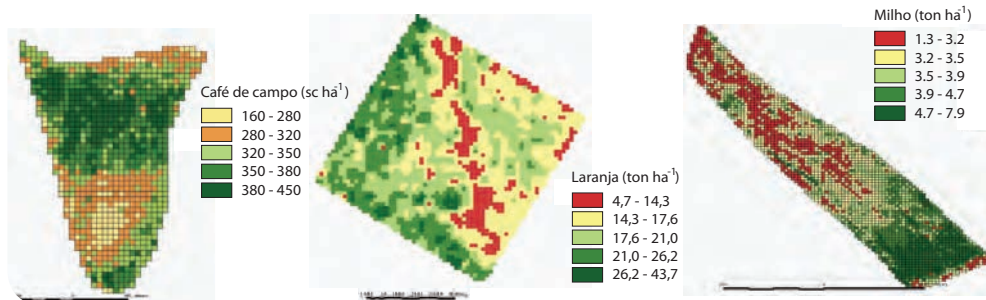
A AP tem várias formas de abordagem, mas o objetivo é sempre o mesmo – utilizar estratégias para resolver os problemas da desuniformidade das lavouras e se possível tirar proveito dessas desuniformidades. São práticas que podem ser desenvolvidas em diferentes níveis de complexidade e com diferentes objetivos.

Hoje, especialmente no Brasil, as soluções existentes estão focadas na aplicação de fertilizantes e corretivos em taxa variável, porém não se deve

José Paulo Molin  
USP/ESALQ



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 manifestarem. 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 tende 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 dos produtos 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 insu-

mos 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 em 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 (Russia) e o anúncio de outros sistemas como o Galileo (União Européia) 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 produ-





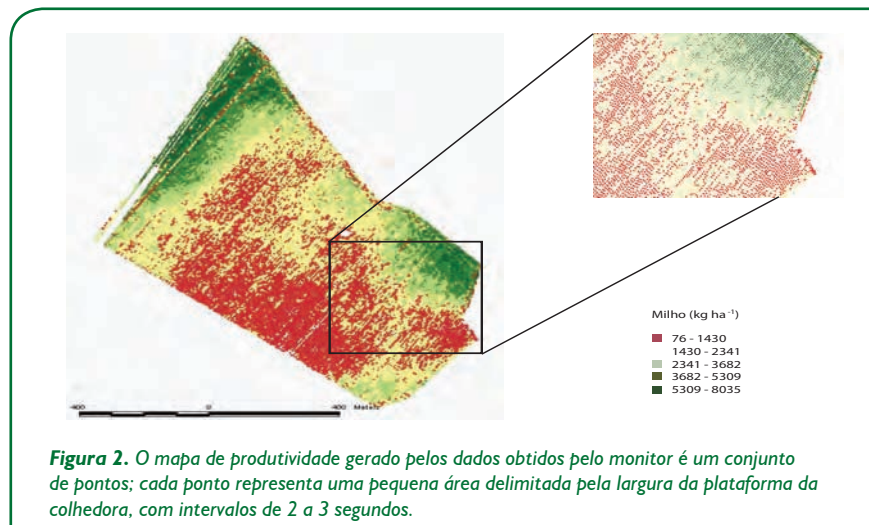
tividade materializa a resposta da cultura com a melhor exatidão possível, considerando as tecnologias existentes para a sua mensuração.

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.

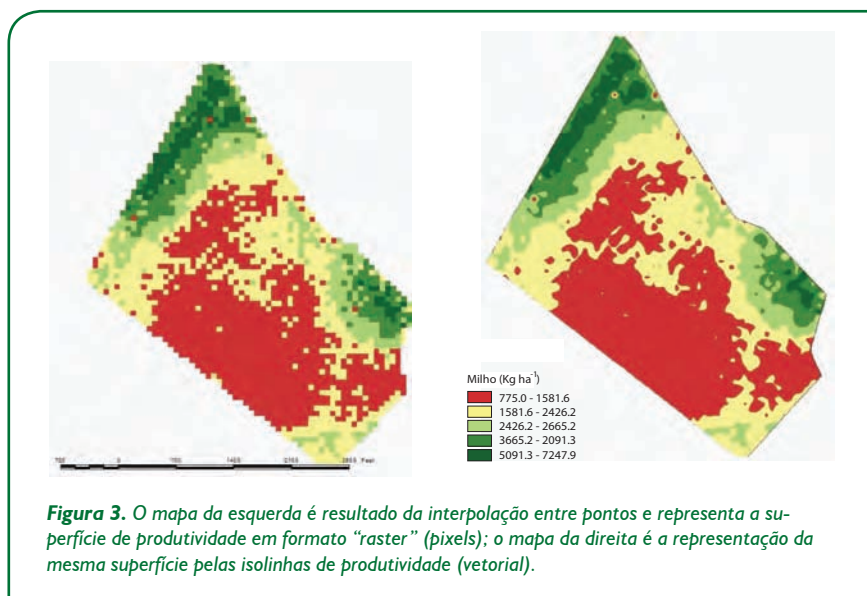
O mapa de produtividade de um talhão é um conjunto de muitos pontos e cada ponto representa uma pequena porção da lavoura. Para se saber qual a quantidade de grãos colhidos é utilizado um sensor de fluxo no elevador de grãos limpos da colhedora. Para que o mapa represente grão seco (padrão comercial) 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.



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 graneleiros 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.

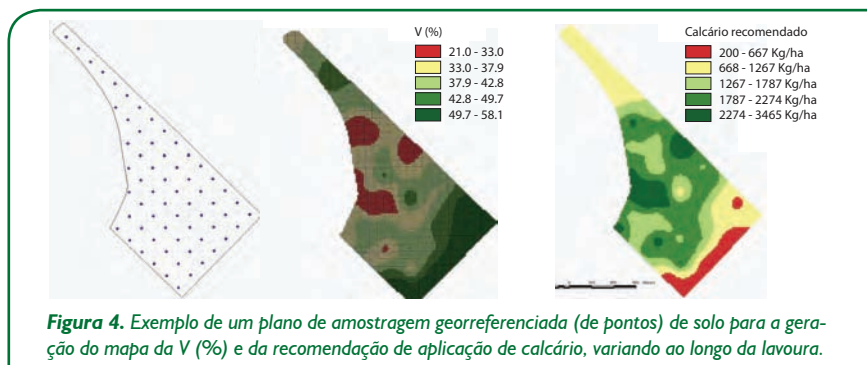
Os mapas de produtividade são de primeira importância, não somente porque mostram a variabilidade das lavouras, mas também porque numa abordagem mais correta para a recomendação de adubação do ciclo seguinte, leva-se em consideração a produtividade da cultura anterior para se fazer a reposição dos nutrientes 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 quando comparado 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 fertili-

zantes 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 lanço

- 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

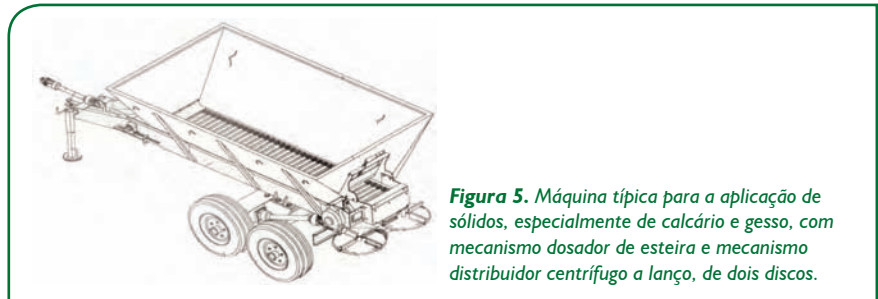
---

- 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 lanço, depende de sobreposição e sempre há incertezas associadas à decisão.



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

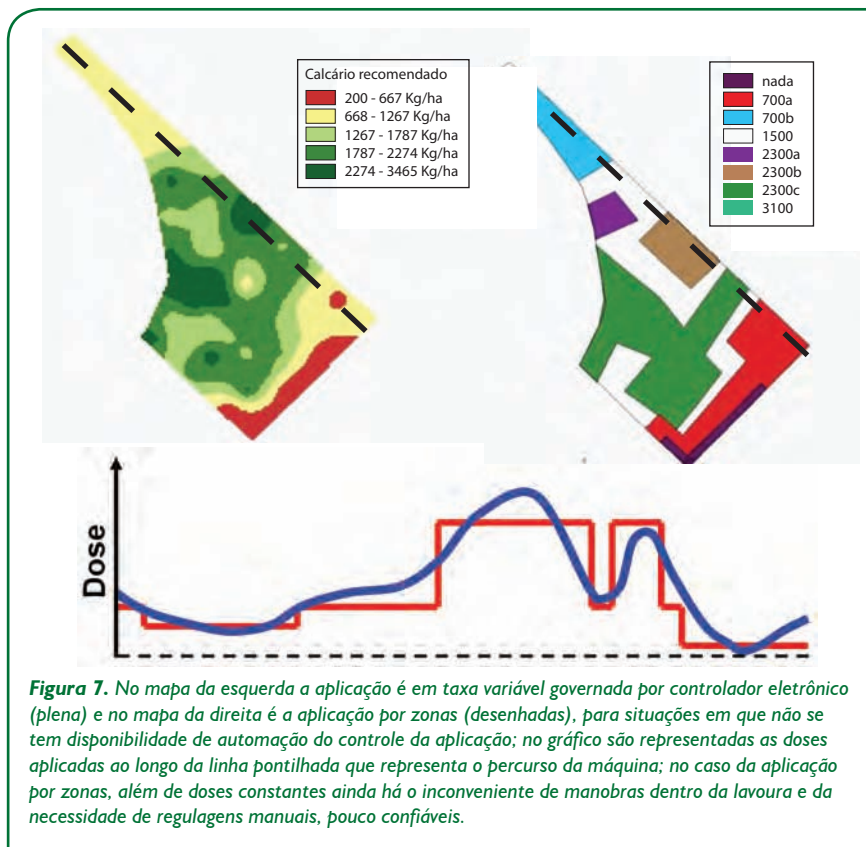
com esteira dosadora, esse controle se dá por meio de um motor, normalmente de acionamento hidráulico, com comando de vazão do óleo por conta de uma válvula de controle eletrônico. Da mesma forma, se o mecanismo dosador for gravimétrico, de orifício e agitador, o controle externo dar-se-á por conta de 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.



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 contem 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 equipamentos 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 per-



mitir 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.

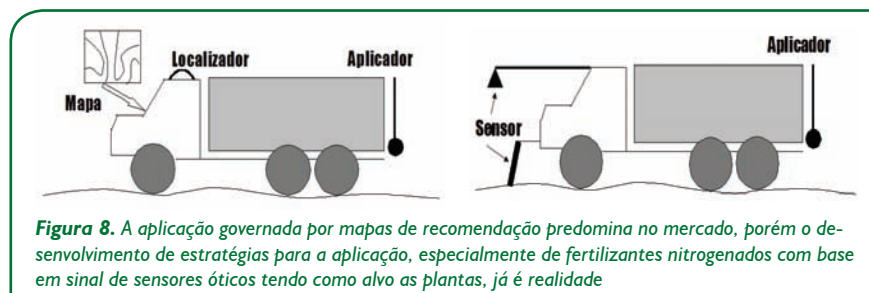
Há bom potencial para a semeadura em taxa variável. Algumas culturas são relativamente sensíveis à população de sementes e em última análise, à população de plantas saudias. O milho é um desses casos, porém o melhoramento genético dos últimos tempos tem tentado tornar as variedades menos sensíveis a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

pactação 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.



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 orgâni-

ca 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.



## Padronização da Eletrônica Embarcada em Máquinas Agrícolas

### Histórico

Ricardo Yassushi Inamasu  
Embrapa Instrumentação

Nas últimas décadas verificou-se um avanço vertiginoso da informática e da automação em diversas áreas, incluindo a área agrícola. Essas tecnologias contribuem para uma melhoria das condições de trabalho e promovem a qualidade, a produtividade e a competitividade, além de auxiliarem na preservação ambiental. Entretanto, se por um lado o aumento do número de programas computacionais (*software*) e de dispositivos eletrônicos de diferentes fornecedores proporciona opções para o usuário, por outro lado cria para eles alguns problemas: esses dispositivos podem ser interligados? São compatíveis? Pode-se integrar partes de um (por exemplo, os sensores) com as partes de outro? A freqüente incompatibilidade que existe na prática leva à busca por padronizações que organizem o mercado com benefícios tanto para os usuários como para as indústrias fornecedoras.

No caso da agricultura, desde a década de 70, principalmente, houve um aumento muito grande do uso de tecnologia eletrônica para supervisionar e para controlar automaticamente as funções mais importantes das máquinas e implementos. Na última década essa utilização foi intensificada com o desenvolvimento da AP. Na realidade a AP só se tornou viável na prática para as grandes culturas porque havia uma tecnologia eletrônica “embarcada” nos tratores, colhedoras e implementos, já bem desenvolvida.

O resultado é que, com isso, o produtor passou a ter que conviver com uma “parafernália” eletrônica na cabine do trator e com dezenas ou mais de metros de cabos elétricos interligando os sistemas e os sensores, no trator e nos implementos. Isso porque cada sistema só funciona com seus componentes, e não pode aproveitar o que já havia sido instalado anteriormente.

Uma tendência verificada para suprir essa necessidade tem sido a adoção de padrões baseados no protocolo de comunicação digital *Controller Area Network*, conhecido como CAN. O protocolo CAN foi desenvolvido na década de 80 pela empresa Robert Bosch Gmb, para promover a interconexão entre dispositivos de controle eletrônicos em automóveis, nos quais ocorria o mesmo problema com que hoje se depara o setor agrícola. Essa tecnologia, que hoje é usada nos automóveis no Brasil e no mundo, consolidou-se como padrão internacional (ISO 11898) e, devido às suas boas características, passou a ser adotada como ponto de partida para padronização em outras áreas, entre elas a área agrícola.

No final da década de 80, na Europa, iniciou-se a elaboração de uma norma para a comunicação entre dispositivos eletrônicos em máquinas agrícolas pela associação de normas alemã *Deutsches Institut für Normung*, ou DIN; a norma resultante, DIN 9684, se baseia no protocolo CAN. Na década de 1990, tomaram força nos Estados Unidos a pesquisa e o desenvolvimento de padrões para a área agrícola baseados no protocolo CAN, destacando-se a norma SAE J1939 da norte-americana *Society of Automotive Engineers* ou SAE. Posteriormente, ocorreu a união de esforços entre grupos de pesquisa, empresas, as associações DIN, SAE, ASAE (*American Society of Agricultural Engineers*) e a *International Organization for Standardization*, a ISO, para geração de uma norma internacional denominada ISO 11783.

O propósito dessa norma é prover um padrão aberto para interconexão de sistemas eletrônicos embarcáveis através de um barramento (ou *bus*, no inglês), que é um conjunto formado por fios, conectores e dispositivos de potência, para promover a interconexão de dispositivos e permitir a comunicação de dados entre estes. Grande parte da documentação da norma encontra-se já publicada e torna possível a implementação de redes embarcadas segundo essa padronização, que tem sido chamada de ISOBUS. As pesquisas em implementações baseadas nessa norma começaram a surgir na segunda metade da década de 90, mostrando seus benefícios e versatilidade para diferentes aplicações.

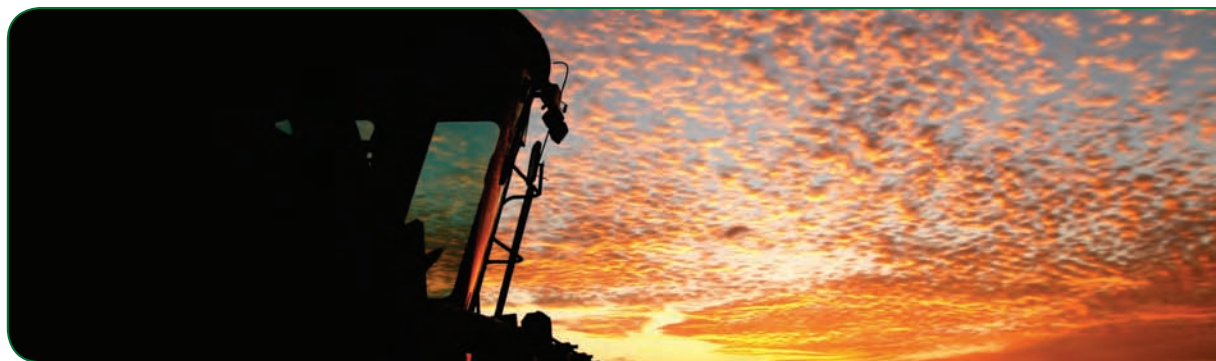
No mesmo período observou-se que além dos esforços de instituições de pesquisa e associações de normas um esforço por parte de fabricantes de máquinas, implementos e outros para tornar a implementação dessa norma uma realidade. Associações como a *Association of Equipment Manufacturers ou AEM*, que congrega os fabricantes de máquinas e implementos norte-americanos, representada pelo *North American ISOBUS Implementation Task Force*, dos Estados Unidos, e a *Federation of Engineering Industry*, a equivalente européia, representada pelo *Implementation Group ISOBUS*, da Comunidade Européia, são exemplos dessas parcerias entre fabricantes e associações de normas para promover o desenvolvimento e a implementação da ISO 11783. Atualmente estas duas associações uniram esforços para criação de um grupo internacional conhecido como AEF (Agricultural Industry Electronics Foundation) – Fundação Eletrônica da Indústria Agrícola com o objetivo de internacionalizar o desenvolvimento e utilização da norma bem como oferecer suporte a novos temas ligados a padronização eletrônica para aplicações agrícolas.

## Força Tarefa ISOBUS – Brasil (FTI)

No Brasil o emprego de redes de comunicação baseadas no protocolo CAN já não é mais um privilégio de equipamentos importados. Os trabalhos de pesquisa têm sido realizados há mais de uma década no sentido de contribuir com os esforços internacionais para desenvolvimento e implementação da ISO 11783 e para contribuir com a assimilação dessa tecnologia por instituições e empresas nacionais criando possibilidades de competição com os produtos importados.

Em 2005 algumas empresas nacionais despertaram para a necessidade de adotar esse padrão, que é uma realidade no exterior, pois pode significar defasagem tecnológica, incompatibilidade futura, restrição às exportações, enfim, perda de competitividade nos mercados nacional e internacional.

Diante dessa realidade brasileira, um pequeno grupo de trabalho formado por pesquisadores e representantes da indústria buscou congrega a comunidade de fabricantes de máquinas e implementos agrícolas, e os





fornecedores de sistemas eletrônicos aplicados a máquinas agrícolas estruturando assim o que se denominou de Força Tarefa ISOBUS-Brasil. O objetivo era promover a sinergia e orientar os grupos interessados no desenvolvimento e implementação de sistemas de controle e automação para máquinas agrícolas segundo esses padrões. Busca-se com tal suporte facilitar a aplicação dessa tecnologia por empresas e instituições nacionais, compartilhando as experiências na implementação dos protocolos nos diversos níveis.

Hoje o resultado deste trabalho já é percebido de uma forma significativa e o termo ISOBUS bem como seus benefícios já está bastante difundido dentro dos principais grupos interessados desde a pesquisa passando pela indústria até o usuário final. Fabricantes internacionais e nacionais já mostram e promovem seus equipamentos compatíveis com o padrão e soluções comerciais com a tecnologia já são utilizadas por produtores Brasileiros e na America do Sul. Mesmo com esses avanços ainda existe um grande trabalho a ser feito para tornar o ISOBUS um padrão amplamente difundido e o grupo segue com trabalhos para atingir este objetivo.

É importante destacar que desde o início da criação do grupo as atividades tem sido conduzidas com o apoio e envolvimento das empresas e grupos de pesquisa na Europa e EUA e hoje a FTI faz parte do esforço internacional da nova AEF. Espera-se que as atividades dessa Força Tarefa ISOBUS Brasil contribuam para que esses padrões se tornem realidade na Agricultura Brasileira.

## Ações realizadas

Como primeiro evento público, foi organizada uma Reunião de Trabalho que aconteceu no Agrishow de Ribeirão Preto, no dia 18.05.05. O evento contou com mais de 100 participantes, incluindo representantes da indústria de máquinas e implementos agrícolas, da indústria de equipamentos eletrônicos, das instituições de ensino e pesquisa, e de usuários. No evento em que a Força Tarefa foi oficialmente lançada, uma apresentação feita por um técnico *North American ISOBUS Implementation Task Force*, profundo conhecedor do tema, abordou as linhas gerais dessa padronização, suas vantagens e quais as atividades em curso na Europa e EUA.

Desde então a ISOBUS esteve presente em todas as edições da Agrishow bem como outros eventos e congressos aonde o público se interessa pelo tema. O grupo também já promoveu 2 (dois) Workshops para divulgar os aspectos técnicos da norma trazendo especialistas do tema para compartilhar seu conhecimento com o grupo Brasileiro.

Foi criada, Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, uma Comissão de Estudos denominada Comunicação e Eletrônica Embarcada, de número CE 04-15-15, para tratar dos aspectos da criação de uma norma brasileira, harmonizada com a norma internacional ISO. Essa atividade é de suma importância para o reconhecimento, divulgação e adoção da norma no nosso país. Ela também oferece a oportunidade do Brasil interferir na elaboração e nas revisões da norma internacional, de modo a incorporar requisitos próprios aqui levantados. O grupo que se reúne bimestralmente na ABIMAQ – Associação Brasileira de Máquinas e Implementos e está aberto a participação de todos aqueles interessados que possam contribuir techni-

camente para o desenvolvimento da norma. A FTI além de aporte financeiro para essas atividades também contribui com a divulgação e promoção dos resultados esperados destas atividades.

A FTI está sob a coordenação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, é composta por instituições públicas e privadas as tem interesse na elaboração desta norma para padronização eletrônica entre máquinas e implementos agrícolas. Outras informações sobre o assunto podem ser obtidas acessando o website [www.isobus.org.br](http://www.isobus.org.br).

## *Futuro da AP no Brasil*

Izaias de Carvalho Filho  
DEPTA/SDC/MAPA

Estimativas da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação - FAO e da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE mostram que a população brasileira poderá crescer 40% nos próximos 10 anos, a população mundial poderá chegar a 8,3 bilhões de habitantes em 2030. Se considerarmos a área disponível para produção de alimentos e o número de habitantes percebemos que cada vez mais a área agricultável/habitante vai diminuir. Esse panorama nos mostra que o aumento da produtividade será fundamental para atender a demanda mundial por alimentos.

Por outro lado, os mercados compradores são cada vez mais exigentes com relação à segurança alimentar, rastreabilidade, respeito ao meio ambiente, mercado justo e sistemas de produção sustentáveis e energia renovável, além das barreiras sanitárias e fitossanitárias. Considerando que poucos países no mundo têm condições de dar esta resposta à crescente

demanda para produção de alimentos, o Brasil tem um grande desafio para se tornar, num prazo de 10 a 20 anos, um dos principais produtores de alimentos do mundo. Os produtores, por outro lado, dada a globalização e margens mais apertadas, serão mais exigidos em termos de competitividade e sustentabilidade. Cada vez mais nossos produtores percebem que a tomada das decisões, tanto de gestores como de operadores, por sistemas inteligentes, mais que uma tendência, é uma questão de sobrevivência e uma necessidade.

O Agronegócio Brasileiro é responsável por 26,4% do PIB nacional, 36% das exportações brasileiras e 39% dos empregos gerados. Neste contexto, o desenvolvimento da AP, o uso de máquinas e equipamentos com tecnologia eletrônica embarcada, adaptados para a agricultura moderna é uma realidade e a demanda é cada vez maior. Dessa forma, o mercado aponta para a inovação e incorporação tecnológica como uma ferramenta fundamental para a competitividade e resposta à produção crescente de alimentos e energia renovável. A AP caminha para o uso de sensores ópticos para adubação a taxa variável em tempo real, semeadura a taxa variada, de acordo com os mapas de fertilidade e declividade do terreno, piloto automático e tráfego controlado, plantio na mesma linha aproveitando a adubação residual e permitindo a semeadura noturna, escarificação à taxa variável. Essas ferramentas contribuem para tornar as práticas agropecuárias cada vez mais sustentáveis, com decisões mais precisas e acertadas para melhor gerenciamento agropecuário.

Outros espectros de aplicação dessa ferramenta são na área de zootecnia, principalmente na gestão e manejo para bem estar animal, na gestão hídrica (irrigação de precisão), na silvicultura, como apoio às ações de defesa agropecuária e rastreabilidade e monitoramento dos impactos ambientais. Esses conceitos já são usados há algum tempo na agricultura, mas na

produção animal ainda são poucos difundidos e tem um mercado enorme se considerarmos a participação brasileira nos mercados mundiais de carne de frango e suínos. Poderia trazer grandes incrementos na eficiência das granjas ao monitorar as respostas dos animais, aves e suínos, ao manejo visando diminuir o stress e melhorar o seu desempenho produtivo e/ou reprodutivo.

Algumas cooperativas do Rio Grande do Sul já oferecem este serviço para seus cooperados, Projeto Cooperativo em Agricultura de Precisão – APcoop. Segundo seus diretores é uma forma de permitir o acesso de pequenos produtores à tecnologia, uma verdadeira “inclusão tecnológica”. O APcoop alia tecnologia (máquinas, equipamentos, eletrônica embarcada, geotecnologias, programas computacionais e pessoal especializado) com conhecimento e visa estimular a adoção da agricultura de precisão no sistema cooperativo do RS. Atualmente fazem parte deste projeto 1850 produtores, associados à 19 cooperativas, ou seja, demonstra a verdadeira “inclusão tecnológica” de pequenos e médios produtores, promovendo/proficiando uma nova forma de se “fazer agricultura”.

Com as ações em andamento: apoio à projetos de pesquisa, transferência de tecnologia à pequenos e médios produtores, desmistificação do tema (elaboração de boletins, realização de workshop, participação em feiras agropecuárias, dias-de-campo), aproximação do setor produtivo com academia e governo, discussão para elaboração de políticas públicas voltadas para a AP acreditamos que o setor vai dar uma resposta bastante positiva com o desenvolvimento da AP, na geração de tecnologia, inovação, aumento na geração de renda e melhoria da competitividade do agronegócio brasileiro.

ISBN 978-85-99851-90-6



9 788599 851906

Secretaria de  
**Desenvolvimento Agropecuário  
e Cooperativismo**

Ministério da  
**Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA