

*Desuniformidades*

# Agricultura de precisão em plantio direto

José Paulo Molin\*



RODRIGO ESTEVAM MUNHOZ DE ALMEIDA

Abastecimento de fertilizante em uma semeadora-adubadora, São Desidério, BA; 2009

A agricultura de precisão (AP) surgiu do fato de as lavouras não serem uniformes. Porém, esse não é, ainda, um conceito aceito por muitos, o que dificulta sua adoção e expansão. A desuniformidade das lavouras expressa-se na informação especializada da produtividade, hoje facilmente obtida a partir dos sistemas embarcados nas colheadoras (monitores de produtividade), que já estão disponíveis de fábrica em diversos modelos de máquinas ou podem ser instalados em máquinas já em uso.

Existem, também, outras desuniformidades que devem ser consideradas, espe-

cialmente as referentes às características de solo — químicas, físicas e biológicas. Presume-se que a variabilidade dessas características esteja diretamente associada à da produtividade. O solo é um sistema extremamente complexo e muitas das características físicas e biológicas ou elementos de sua constituição química são praticamente independentes entre si, como pode ser visto no trabalho de Vieira Junior et al. (2006). Consequentemente, pouco se correlacionam, de maneira individual, com a variabilidade da produtividade na escala em que se consideram as

ações de AP, ou seja, dentro de um talhão. Por isso, há oportunidades para se trabalhar tais características e elementos um a um e de forma localizada. Nesse caso, o que se busca é a regularização das desuniformidades, na medida possível.

Trabalhar para atingir a uniformização da produtividade dentro de uma lavoura pode não ser uma estratégia correta. Buscar um padrão de estado químico vem demonstrando ser uma estratégia mais plausível e tem sido o grande propulsor do uso de práticas de AP no Brasil. Essa estratégia tem como grande motivação o potencial de economia de insumos, que ocorre como consequência de alguns fatores. Ao se estabelecer uma recomendação única, por exemplo, de calcário para uma lavoura, é considerado o resultado de uma análise química do solo obtida de uma amostra composta e em toda a extensão da lavoura. Nessas situações, desconsideram-se as desuniformidades existentes, que representam demandas diferentes de valores, que vão do nulo até 3 t ou 4 t de calcário por hectare (Figura 1). Ocorrerão duas situações facilmente contestáveis: em áreas onde a demanda era grande, faltará insumo; nas áreas onde a demanda era baixa, será aplicado em excesso. Contudo, se essas quantidades forem remanejadas e redistribuídas, haverá a correção do solo de forma mais uniforme.

Se os aspectos qualitativos são evidentes, o mesmo não vale para a economia de insumo. Então, de onde surgem as economias normalmente apregoadas? O

agricultor dificilmente aplica doses de calcário abaixo de certo valor, pois não confia na regulagem da máquina aplicadora sob baixas vazões. Além disso, é prática comum a utilização de coeficientes de segurança, o que faz com que a dose aplicada seja maior, especialmente quando as recomendações são para pequenas doses.

Entretanto, esses aspectos são facilmente superados com a utilização de máquinas aplicadoras e controladores eletrônicos de dose, com mecanismos dosadores acionados hidráulicamente. As doses são reguladas com suficiente confiabilidade e com erros que não devem ultrapassar 1% a 2% (erro de totalização ou “fechamento” de área aplicada). Também se deve considerar o fato de que a aplicação em taxa variada é realizada com base em mapas obtidos por amostragem mais detalhada, o que, por si só, garante valores mais acertados e, no conjunto, resultam em totalização com menor quantidade, pelo fato de não necessitar de margens de segurança.

### PRÁTICAS DE AP

Conectando a AP ao ambiente de plantio direto, ela pode ser executada em diferentes níveis de complexidade e com diferentes objetivos. Hoje, as soluções existentes estão focadas na aplicação de fertilizantes e corretivos em taxa variada, mas não se deve esquecer de que AP é um sistema de gestão que considera a variabilidade espacial das lavouras em todos os seus aspectos: produtividade, solo (características físicas, químicas, compactação, etc.), infestação de ervas daninhas, doenças e pragas.

Sob a ótica do uso de fertilizantes e corretivos, de forma resumida, existem duas estratégias que podem ser adotadas. A mais simples delas está relacionada ao gerenciamento da adubação (fertilizantes, calcário e gesso) das lavouras, com base apenas em amostragens georreferenciadas de solo. Abordagem bastante simples e rápida, esta tem sido a estratégia inicial para a maioria dos usuários brasileiros. Do planejamento de uma amostragem sistemática de solo,

passando pela sua retirada no campo, sua análise em laboratório, o processamento dos dados e a geração dos mapas de aplicação, por vezes, não são necessários mais do que 10 ou 15 dias, agilidade que vem satisfazendo o usuário.

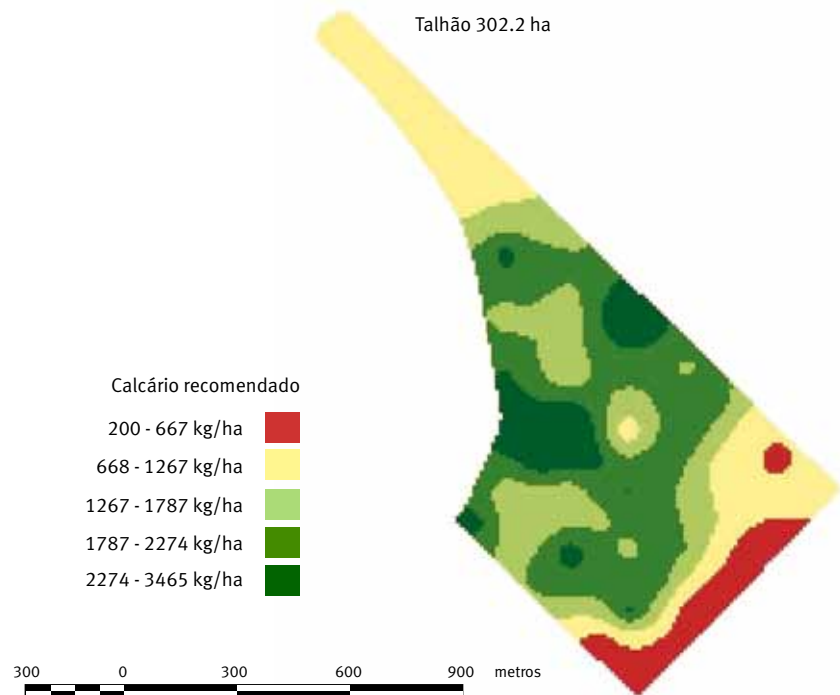
Seria interessante ter acompanhamento desse fenômeno de adoção de tecnologia, assim como se tem para a adoção de práticas de plantio direto na palha. Estima-se que no Rio Grande do Sul sejam 300 mil hectares sob aplicação de insumos em taxa variada, especialmente de calcário. Se considerarmos as informações de usuários e de consultorias distribuídas pelo Brasil, deveremos encontrar algo entre 1,5 e 2,0 milhões de hectares dessas práticas em todo o país, predominantemente em áreas de plantio direto, sendo mais 600 a 700 mil hectares em cana-de-açúcar. Essa prática é – ou deveria ser – repetida a cada dois ou três anos; para a cana, em

áreas de reforma, deve ser aplicada uma vez a cada cinco anos.

A outra estratégia de gestão da adubação das lavouras é mais ampla e elaborada e leva em consideração a produtividade das culturas anteriores, de modo a fazer reposição dos nutrientes extraídos. Essa estratégia exige a geração de mapas de produtividade, demandando mais equipamento e maior domínio por parte do usuário ou de seu consultor. É uma estratégia que toma mais tempo para a construção de um conjunto de dados consistente, embora a solução seja proporcionalmente mais acertada por considerar também a variabilidade da produtividade da lavoura e não apenas aquela do conteúdo de nutrientes no solo.

Em suma, quanto mais dados forem obtidos, mais consistente será a informação gerada e o consequente diagnóstico referente à variabilidade existente na lavoura. Dessa forma, dados de pro-

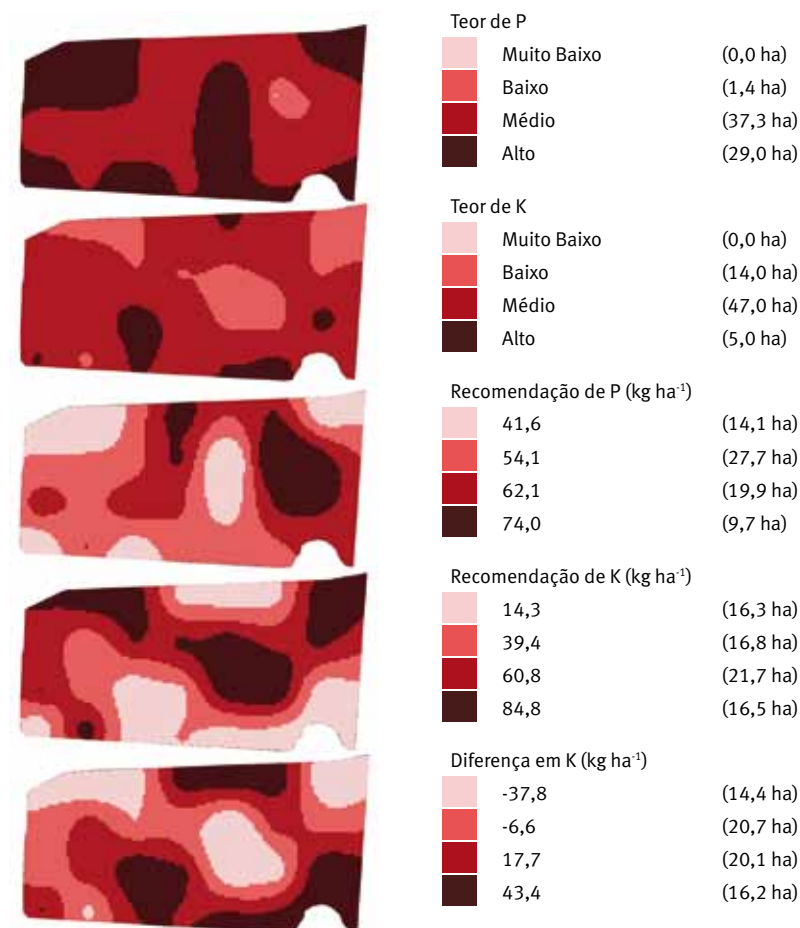
FIGURA 1 | MAPA DE RECOMENDAÇÃO DE CALCÁRIO EM LAVOURA SOB SPD; BRASIL CENTRAL\*



\*Obtido a partir de amostragem georreferenciada do solo

Adaptado de Molin, J. P., 2008

**FIGURA 2 | TEORES DE FÓSFORO (A) E POTÁSSIO (B) NO SOLO, RECOMENDAÇÃO DE FÓSFORO (C) E POTÁSSIO (D) E DIFERENÇA DE POTÁSSIO ENTRE A QUANTIDADE APLICADA E A RECOMENDADA (E)\***



\*Mapas obtidos partir de análise de amostras georreferenciadas; classes de teores no solo de acordo com IAC (1997)

Fonte: Adaptado de Molin et al., 2006

produtividade expressos por mapas são fundamentais e, assim, a interpretação da variabilidade presente nas lavouras, evidenciada nos mapas de produtividade, implica numa relação entre causas e efeito. A interpretação e a explicação para os fatos representam a tarefa mais complexa, pois são os momentos em que devem ser identificados os fatores que podem causar as baixas produtividades nas localidades em que se manifestarem. Assim, os conceitos agrônômicos vigentes podem ser aplicados de forma mais efetiva e de forma localizada dentro da lavoura.

Outra grande diferença entre as estratégias diz respeito aos objetivos que o usuário deve estabelecer. Uma abordagem possível é a busca do aumento da produtividade. Além dessa iniciativa, pode-se utilizar 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 adubo, com a aplicação

desses elementos em dose variada dentro de cada talhão. Esse tem sido o resultado para a maioria dos usuários, o que indica que a prática anterior de aplicação de dose única resultava no erro de utilização de maiores quantidades, 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 maior produtividade com o uso de AP exige estratégias mais elaboradas, normalmente associadas aos usuários que investiram mais em dados e em conhecimento e dispõem de mapas de produtividade. Em AP, atestar aumento de produtividade não é algo que se faz simplesmente comparando resultados de totalização de safras. No entanto, para aqueles que optam por fazer intervenções na fertilidade do solo, mesmo que apenas com base em amostragens, é de se esperar que com a realocação de insumos sejam diminuídos os desequilíbrios, e, num segundo momento, a produtividade das culturas aumente. Nas lavouras de grãos sob plantio direto, a opção pela economia de insumos, sobretudo em momentos como o atual, em que os preços deles estão em alta, parece ser uma boa opção.

É importante, ainda, não esquecer que todo esse processo só terá resultados positivos se houver um profissional que saiba fazer o sistema funcionar de forma eficaz – e o sistema só funciona com dedicação e organização, em especial no que diz respeito aos dados gerados, que devem ser rigorosamente analisados e armazenados. Essa é uma tarefa que poucos agricultores cumprem; para isso, a solução pode ser a busca por profissional especializado. Não é o tamanho da propriedade ou da área o fator mais relevante, desde que se possa amortizar o valor dos equipamentos, se a opção é tê-los na fazenda – basicamente, controladores de mercado instalados em máquinas. Se houver esse tipo de serviço na região, a opção de terceirização da aplicação dos produtos em taxa variada também é interessante.

### APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES

Entre os vários aspectos relevantes da aplicação de fertilizantes em taxa variada em ambiente de plantio direto, pode-se destacar aquele que diz respeito à forma e ao método dessas aplicações. No Brasil, utiliza-se como regra a aplicação de fertilizantes na operação de semeadura e, por isso, as semeadoras funcionam também como adubadoras. No entanto, isso não é regra geral em outros países.

Os fertilizantes utilizados nessa prática, via de regra, são misturas de diversas fontes. Ao se tratar de adubação em taxa variada na semeadura, as dificuldades geradas são ainda maiores, já que não é possível conciliar as necessidades de cada elemento na adubação localizada com os teores existentes nas fórmulas. Um trabalho realizado em área sob plantio direto na palha, no Vale do Paranapanema, estado de São Paulo, demonstrou isso ao diagnosticar, com base em amostragem georreferenciada, as necessidades dos elementos P e K no solo. Obviamente, não

há dependência entre os mapas da necessidade de cada um desses elementos no solo. Como consequência, ao se aplicar o fertilizante na forma de mistura de fontes, é necessário optar por um dos elementos, e os outros serão aplicados com doses incorretas na maior parte da lavoura.

Nesse caso, foi selecionado o elemento P como indicador da aplicação em taxa variada e seu mapa orientou a adubação com a utilização de uma fórmula 8-20-20. Como consequência, o elemento K foi fortemente afetado e as suas doses, na situação extrema, atingiram 43 kg ha<sup>-1</sup> a mais e 38 kg ha<sup>-1</sup> a menos do que o recomendado (Molin et al., 2006). Situações como essa só serão contornadas com a aplicação de fertilizantes em etapas separadas ou com semeadoras-adubadoras que apresentem reservatórios independentes para cada elemento da adubação de semeadura (Figura 2).

É muito importante considerar que a aplicação de fertilizantes e corretivos em taxa variada tem sido a tônica das discus-

sões, embora o conceito de AP vá muito além disso. Aos usuários e a seus consultores e prestadores de serviços cabe o desafio de evoluir em busca de ações mais impactantes, econômica e ambientalmente. Uma delas, que ainda enfrenta diversas barreiras, é a aplicação de defensivos em taxa variada. E mesmo dentro da aplicação de fertilizantes existem avanços recentes que devem ser acompanhados. Um deles é a aplicação de fertilizantes nitrogenados em taxa variada, com base na refletância das plantas em determinados comprimentos de ondas (Figura 3). Tradicionalmente, tem-se obtido imagens multiespectrais, por satélite ou avião, para a geração de diagnósticos e recomendação, porém, apenas recentemente, têm surgido os sensores ópticos com luz própria e para uso terrestre, próximo das plantas. A técnica vem apresentando resultados bastante promissores.

O surgimento da AP é associado às tecnologias de *Global Navigation Satellite Systems* (GNSS); entre elas, a mais

FIGURA 3 | UTILIZAÇÃO EXPERIMENTAL DE SENSOR ÓTICO ATIVO, 2008\*

JOSE PAULO MOLIN



\*Para estudos de adubação nitrogenada de cobertura em milho, com base na refletância das plantas

FIGURA 4 | ABASTECIMENTO DE ADUBO NA OPERAÇÃO DE SEMEADURA\*

JOSE PAULO MOLIN



\*Tarefa demanda demasiado tempo durante a implantação da cultura

FIGURA 5 | IMPLANTAÇÃO DAS CULTURAS EM SPD\*

JOSE PAULO MOLIN



\*A sementeira é um dos momentos de grande demanda de tempo por parte do agricultor

conhecida e mais importante para nós é o GPS. Associado a essa tecnologia, têm surgido vários outros recursos de eletrônica embarcada e nenhum deles tem gerado mais impacto do que o piloto automático, ou sistema de direção automatizado, que vem demonstrando ser de grande utilidade em várias operações mecanizadas. É um tema ainda bastante recente, mas os resultados, especialmente com relação à qualidade de alinhamento de sementeira, são otimistas, com erros de paralelismo bastante reduzidos se comparados com a prática tradicional. O sistema oferece algumas perspectivas para aperfeiçoar as práticas de plantio direto, como a viabilização de um controle de tráfego efetivo e de forma permanente nas lavouras, resultando em menor compactação do solo. Outra perspectiva é a aplicação de fertilizantes especialmente fosfatados incorporados em operação prévia à sementeira, seguidos, portanto, de aplicação em cobertura dos demais fertilizantes.

Essa prática vai permitir a gradativa eliminação da adubação realizada na operação de sementeira (Figuras 4 e 5). E as implicações são muitas, como a agilização da implantação das lavouras, etapa crucial, onerosa e estressante para os agricultores, justamente pela pouca disponibilidade de tempo para ser realizada. Se a adubação for feita em outros momentos e de forma correta, sinalizam-se importantes ganhos para o sistema. <sup>12</sup>

\* José Paulo Molin é professor associado do Departamento de Engenharia Rural da USP/ESALQ (jpmolin@esalq.usp.br).

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MOLIN, J. P.; MASCARIN, L. S.; VIEIRA JUNIOR, P. A. Avaliação de intervenções em unidades de aplicação localizada de fertilizantes e de população de milho. *Engenharia Agrícola*, v. 26, p. 528-536, 2006.
- VIEIRA JUNIOR, P. A.; MOLIN, J. P.; DOURADO NETO, D.; MANFRON, P. A.; MASCARIN, L. S.; FAULIN, G. C.; DETOMINI, E. R. População de plantas e alguns atributos do solo relacionados ao rendimento de grãos de milho. *Acta Scientiarum – Agronomy*, v. 28, p. 483-492, 2006.