



Com poucos anos de existência, o termo Agricultura de Precisão (AP) já chega ao desgaste por falta de esclarecimentos maiores a que veio. AP nada mais é do que um conjunto de técnicas e ações de gerenciamento das lavouras levando em consideração a sua variabilidade espacial, ou seja, admitindo que se pode obter melhores resultados se a simplificação da agricultura gerenciada pela "média", hoje largamente adotada por questões de facilidade, for superada. Os seus recentes movimentos no mundo têm atingido as grandes culturas, em especial os grãos. No Brasil, graças às recentes investidas de algumas usinas, a cana-de-açúcar também já experimenta uma fase de adoção de técnicas de AP em grande escala.

As estratégias de adoção de AP no gerenciamento das lavouras apresentam inúmeras variações, mas é essencial a visão de que existem apenas duas grandes opções. A mais adotada hoje está focada no gerenciamento da adubação das culturas com base em amostragem criteriosa do solo, que caracterize a variabilidade espacial dos componentes da sua fertilidade química. Essa estratégia está embasada no conceito da economia ou racionalização de insumos, porém com poucos recursos de conferência do efeito das intervenções na produtividade das culturas.

A outra estratégia de implementação de AP envolve o gerenciamento integrado de entradas e saídas, ou seja, o conceito do gerenciamento localizado da reposição de insumos com base na sua extração, medida a partir da produtividade de cada porção dos talhões. Isso implica em se medir continuamente as produtividades e espacializá-las na forma de mapas de produtividade.

Em ambos os casos, são necessários equipamentos especializados para a aplicação, prioritariamente de sólidos em taxa variada para cada porção do talhão, como função da recomendação que, por sua vez, foi feita com base nos teores encontrados no solo a partir de amostragem em grade ou em zonas. Ainda há disponibilidade muito restrita de opções desses equipamentos no Brasil, mas espera-se expansões para breve.

Estudo de caso - a Usina Jalles Machado está estabelecida em uma região típica de cerrado, sediada no município de Goianésia/GO, e o solo predominante é o latossolo vermelho com alto teor de argila. A área agrícola da usina está distribuída em aproximadamente 27.000 ha, sendo que a mesma está ampliando a moagem com objetivo de atingir três milhões de toneladas de cana/ano. Na safra 2003/2004 processou 1,5 milhões de toneladas de cana.

A tecnologia de Agricultura de Precisão vem sendo implantada na Jalles Machado desde julho de 2003 pela APagri, de Piracicaba/SP. No primeiro momento foi adotada a estratégia de gerenciamento de insumos através da criação de mapas de fertilidade do solo, sendo que estes são a base de informação para a aplicação em taxa variada com uma máquina adquirida para este fim. Foram selecionadas inicialmente 5 fazendas representativas da região para aplicação da tecnologia, totalizando 470 ha. Com base nas informações disponíveis destas propriedades, foi elaborada uma análise de custos com o objetivo de avaliar a economicidade da tecnologia proposta.

Nas fazendas foram realizadas amostragens de solo georreferenciadas com grades amostrais que variaram de uma amostra para cada 3 a 5 ha. Com base nos resultados das amostragens, foram feitos dois tipos de recomendação para cada propriedade, sendo uma recomendação tradicional e uma através da AP. É sabido que ainda há um certo grau de incerteza quanto à representatividade das amostras nessa densidade. No entanto, é certamente mais detalhada do que a amostragem tradicional.

As atividades focadas foram a correção da saturação por bases do solo (calagem) e a correção dos teores de P no solo (fosfatagem). O objetivo da aplicação de calcário foi elevar a saturação para 60% e, para a fosfatagem, foi recomendada aplicação de 100 kg/ha de P₂O₅ nas áreas com teores abaixo da classificação média de P no solo. Como a AP tem a capacidade de gerenciar as variações espaciais, as recomendações para a fosfatagem foram aplicadas localizadamente em função da disponibilidade de P no solo de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 - Recomendação para aplicação de fósforo em taxa variável.

| Nível de P no solo | Dose de P ₂ O ₅ (kg/ha) |
|--------------------|--|
| Muito baixo | 100 |
| Baixo | 66 |
| Médio | 33 |
| Alto | 0 |
| Muito alto | 0 |

Como resultado da aplicação em taxa variada, em todas as fazendas houve redução no consumo de calcário de, em média, 34,5% com relação ao consumo com aplicação tradicional (Tabela 2). A maior redução ocorreu na Fazenda 46 (Figura 1), onde o consumo de calcário caiu de 59,1 t para 28,0 t, sendo que a dose média da fazenda caiu de 1,0 t/ha para 0,5 t/ha (Tabela 2). Na média geral, a dosagem caiu de 2,1 t/ha para 1,5 t/ha.

Tabela 2 - Resultados da simulação de aplicação de calcário e fósforo em taxa fixa e em taxa variada.

| Fazenda | Calcário Tradicional | | Calcário Taxa Variável | | Fósforo Tradicional | | Fósforo Taxa Variável | |
|--------------------------------|----------------------|--------------|------------------------|--------------|---------------------|--------------|-----------------------|-------------|
| | Média (t/ha) | Total (t) | Média (t/ha) | Total (t) | Média (kg/ha) | Total (t) | Média (kg/ha) | Total (t) |
| 2 | 2,8 | 75,3 | 2,3 | 61,0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | 3,0 | 377,2 | 2,7 | 311,1 | 333 | 41,9 | 154,4 | 16,2 |
| 46 | 1,0 | 59,1 | 0,5 | 28,0 | 333 | 19,7 | 330,0 | 19,7 |
| 55 | 2,0 | 190,1 | 1,1 | 94,0 | 333 | 31,7 | 161,0 | 11,5 |
| 76 | 1,5 | 243,1 | 0,8 | 125,1 | 333 | 54,0 | 249,7 | 43,0 |
| Média/total | 2,1 | 944,9 | 1,5 | 619,2 | 266,4 | 147,2 | 179,02 | 90,4 |
| Economia de produto (%) | | 34,5 | | | | 38,6 | | |

A redução na dose média obtida na Fazenda 46 é devida em grande parte à principal capacidade da tecnologia de AP, que é permitir o gerenciamento de pequenas porções da propriedade. Como pode ser observado na Figura 1, há nesta fazenda grande quantidade de área que não demanda aplicação de calcário, sendo que a área total a ser aplicada em taxa variável é de 49,8 ha, menor que a área total de 59,1 ha que seria aplicada na forma tradicional.

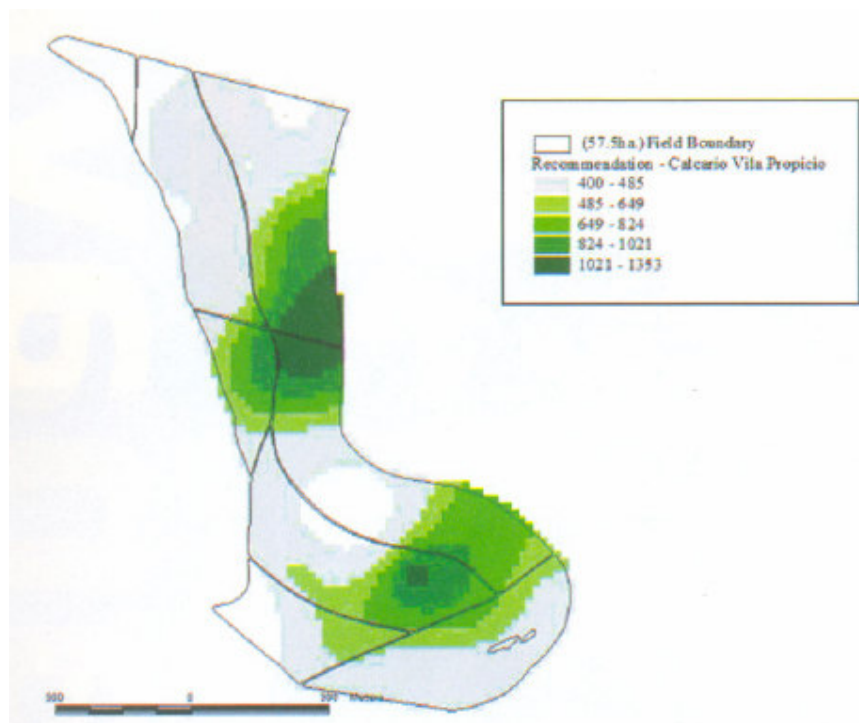


Figura 1 - Mapa de recomendação de aplicação de calcário para a Fazenda 46.

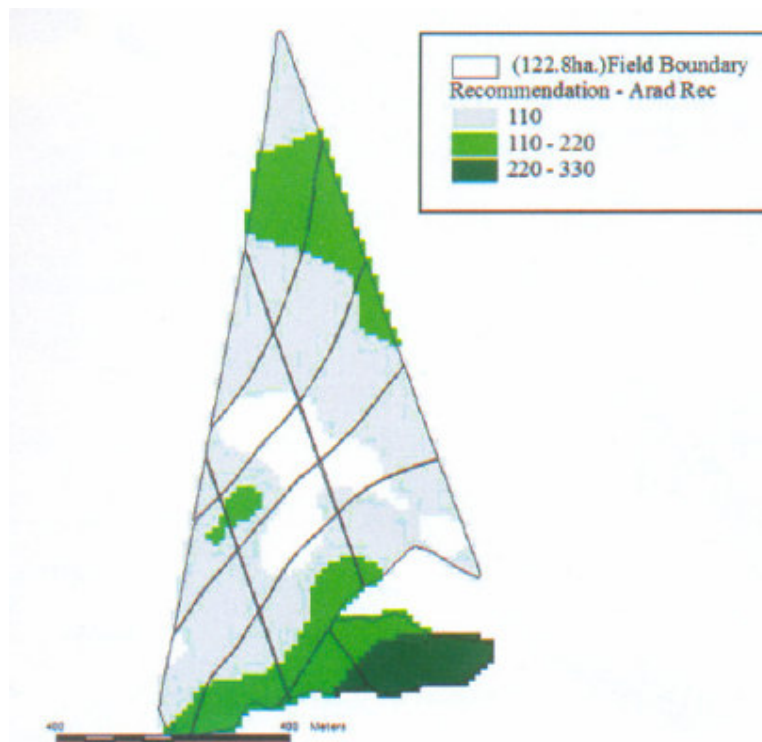


Figura 2 – Mapa de aplicação de Arad para a Fazenda 30.

Além do aspecto de redução da área aplicada, alguns comentários são pertinentes com relação às doses aplicadas. Com a aplicação de uma dose padrão de 1,0 t/ha haveria uma distorção na fertilidade do solo. Esta dosagem atenderia uma pequena porção da fazenda, identificada como a quarta classe na legenda do IT > dpa. Nas demais áreas, tal dosagem seria insuficiente ou excessiva. Em caso de dosagem excessiva, o pH do solo subiria acentuadamente, resultando na indisponibilização de diversos micronutrientes, além do desbalanço entre as bases do solo (relação (Ca+Mg)/K). O excesso de calcário no solo é mais prejudicial que a falta do produto, especialmente sob o aspecto econômico, que significa uso desnecessário de insumos. Por outro lado, onde a dosagem foi insuficiente, o solo

continuará com o pH baixo, saturação por bases aquém da desejada e não atingirá seu potencial produtivo. No caso da Fazenda 46, a maior parte da área receberia doses maiores que a necessária.

Com relação ao fósforo, a capacidade de gerenciamento de pequenas porções das fazendas gerou a possibilidade de redução da dose média geral de 266 kg/ha para 179 kg/ha de Arad. O consumo total foi reduzido de 147,2 para 90,4 t, uma redução de 38,6%. A Fazenda 2 dispensou a aplicação de fósforo devido aos seus altos teores do nutriente. A maior redução ocorreu na Fazenda 30 (Figura 2), onde a dose recomendada pelo procedimento tradicional foi de 333 kg/ha de Arad e, em taxa variada, a dose foi de 154 kg/ha. Nos 470 ha amostrados, a aplicação de calcário em taxa variada gerou economia de R\$ 7.490,00 e, no caso do fósforo, a economia foi de R\$ 25.101,00.

Tabela 3 - Custos de amostragem, laboratório e custo geral dos sistemas de aplicação.

| Fazenda | Retirada das amostras (R\$) | | Análise laboratorial (R\$) | | Amostragem + Aplicação (R\$) | |
|--------------|-----------------------------|---------------|----------------------------|---------------|------------------------------|------------------|
| | Tradicional | Taxa Var. | Tradicional | Taxa Var. | Tradicional | Taxa Var. |
| 2 | 6 | 24 | 14 | 56 | 1,753.00 | 1,483.00 |
| 30 | 36 | 123 | 84 | 287 | 27,301.07 | 14,725.70 |
| 46 | 15 | 57 | 35 | 133 | 10,116.01 | 9,541.40 |
| 55 | 27 | 57 | 63 | 133 | 18,456.19 | 7,435.00 |
| 76 | 48 | 96 | 112 | 224 | 29,607.67 | 22,203.30 |
| Total | 132.00 | 357.00 | 308.00 | 833.00 | 87,233.94 | 55,388.40 |

Como pode ser observado, os investimentos em amostragem e análise de solo são maiores no sistema de aplicação em taxa variável, porém a influência de tais operações no custo final é pequena. Os custos de amostragem e de laboratório sobem de 0,94 R\$/ha no sistema tradicional para 2,54 R\$/ha no sistema de aplicação em taxa variável. No total geral, o investimento em informações e insumos no sistema tradicional foi de R\$ 87.233,94 e de R\$ 55.388,40 no sistema de AP para a área de 468,9 ha, gerando saldo positivo de R\$ 31.845,54. No cálculo do custo por unidade de área, o sistema tradicional apresentou custo de R\$ 186,04/ha, enquanto que o sistema de AP resultou em R\$ 118,12/ha.

Considerando-se como válida a representatividade da área utilizada para a avaliação, a economia global do sistema pôde ser estimada. Para a área de reforma ou implantação anual de 6.500ha, o custo de calagem e fosfatagem no sistema tradicional foi estimado em R\$ 1.209.260,00, contra R\$ 767.780,00 caso fossem empregadas as tecnologias de AP, gerando um saldo positivo de R\$ 441.480,00.

Parte deste saldo será utilizada para aquisição de equipamentos suficientes para a aplicação em taxa variável em toda a área de reforma. O custo aproximado de cada conjunto, com componentes eletrônicos e hidráulicos, é de R\$ 45.000,00 e, para que toda a área seja atendida, haverá a necessidade de quatro conjuntos, dois trabalhando com fósforo e dois com calcário. A Usina já dispõe de um conjunto operando. Dessa forma, do saldo de R\$ 441.480,00, cerca de R\$ 135.000,00 estariam comprometidos com os equipamentos, gerando ainda saldo de R\$ 306.480,00, que poderiam ser reinvestidos no canal ou contribuir para o lucro líquido da usina.

Toda a análise foi feita sob o ângulo da economia de insumos. Infelizmente, no estágio atual da tecnologia ainda não se dispõe de informações sobre o aumento de produtividade obtido com a aplicação de insumos em taxa variada. No entanto, pressupõe-se que haverá um aumento significativo da produtividade pelo fato de se estar colocando apenas a quantidade necessária de corretivos, favorecendo, assim, o equilíbrio do solo e o desenvolvimento da cultura.

Uma última consideração deve ser feita com relação à tecnologia e potencialidade da AP: a tecnologia deve ser encarada como uma nova maneira de gerenciar áreas e não apenas como uma recomendação diferente da tradicional. A implantação cooperativa do gerenciamento das diferenças espaciais trará muitos benefícios à usina e tomará mais precisos os diagnósticos, mais firmes as decisões e mais detalhadas as ações.

**Leonardo A. A. Menegatti é diretor da APagri Soluções em Agricultura de Precisão*

***José Paulo Mo/in é professor do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP*