

Comunicado Técnico 198

ISSN 1679-0162
Sete Lagoas, MG
Outubro, 2012

Foto: Paulo Eduardo de Aquino Ribeiro



Obtenção de altas produtividades de milho em sistema de plantio direto em solos de Cerrado

José Carlos Cruz¹
Antônio Marcos Coelho²
João Carlos Garcia³
Israel Alexandre Pereira Filho⁴

Introdução

Em uma economia globalizada e de alta competitividade, a busca por maior eficiência na produção agrícola tem sido uma constante de toda a cadeia produtiva. Isto é particularmente importante para o agricultor que tem por objetivo obter a máxima produtividade com o menor custo de produção, para que a cadeia se torne competitiva e economicamente sustentável.

Estudos teóricos mostram que o potencial de produtividade de milho nas condições do cinturão do milho nos EUA ("Corn belt") é da ordem de 31,4 t/ha (YAMADA, 1997). De acordo com Vyn (2001), há relatos do agricultor Herman Warsaw, do Estado de Illinois, EUA, dizendo que em 1985 obteve 23,2 t/ha e do agricultor Francis Child, do Estado de Iowa, EUA, afirmando que em 1999 obteve o recorde de 24,7 t/ha e que na safra 2001 obteve o novo recorde de 29,7 t/ha.

No Brasil, Coelho et al. (2003) relataram uma produtividade de 16,8 t/ha, obtida no município de Virginópolis, MG, em 1994.

Embora no ano agrícola de 2010/11 as lavouras de milho na safra de verão (primeira safra) tenham tido bom comportamento, a produtividade média do Brasil foi de apenas 4,6 t/ha, 3,6% maior que a obtida na safra 2009/10. A média da região Centro-Oeste foi de 7,5 t/ha (variando de 5,9 t/ha no Mato Grosso a 8,1 t/ha no Distrito Federal, com destaques para os estados do Paraná (7,87 t/ha) e Goiás (7,85 t/ha)). Os dados de produtividade de milho na safrinha são geralmente menores, registrando-se nos estados de Goiás 4,8 t/ha e no Mato Grosso 3,9 t/ha (CONAB, 2011), portanto, verifica-se que os rendimentos médios no país ainda podem ser bastante melhorados.

No início de 2009, pesquisadores da Embrapa Milho e Sorgo realizaram um levantamento de

¹Eng.-Agr., PhD, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424 km 65 Cx. Postal 151. 35701-970 Sete Lagoas, MG, zecarlos@cnpmis.embrapa.br²

²Eng. Agr., Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador em Manejo da Fertilidade dos Solos, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, amcoelho@cnpmis.embrapa.br

³Eng. Agr., PhD, Pesquisador em Economia Agrícola, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, garcia@cnpmis.embrapa.br

⁴Eng. Agr., MSc, Pesquisador de Sistemas Agrícolas, Embrapa Milho e Sorgo, MG, israel@cnpmis.embrapa.br

dados secundários sobre produtores de milho. Foram coletados 1.095 dados referentes às propriedades que obtiveram uma produção acima de 8,0 t/ha, totalizando uma área de 60 mil hectares espalhados por todo o território brasileiro. Esses dados foram coletados em fôlderes, revistas e em sites da internet das empresas fornecedoras de sementes (Pioneer, Monsanto, Dow Agrosiences, Agroeste, Syngenta, Biomatrix, Balu).

Nestes levantamentos foram obtidos dados referentes aos materiais genéticos (cultivares) utilizados pelo produtor, produtividade, época de plantio e de colheita, espaçamento, densidade, tratamento de semente, adubação de plantio e de cobertura, utilização de fungicidas, sistemas de plantio (direto ou convencional), rotação de cultura com leguminosas ou com gramíneas, clima, irrigação, número de aplicações de inseticidas, umidade de colheita e localidade. Das 1.095 lavouras, 326 apresentaram rendimento superiores a 12,0 t/ha (200 sacos/ha), sendo que a maior produtividade verificada foi de 16,53 t/ha (CRUZ et al., 2009). Médias obtidas em grandes cooperativas têm sido superiores a 9,0 t de grãos/ha.

Em todas as regiões brasileiras existem produtores que já obtiveram rendimentos de milho superiores a 12,0 t/ha (200 sacos/ha), não sendo raros aqueles que produzem mais do que 14,0 t/ha. Entretanto, as produtividades médias nessas regiões são bem inferiores, demonstrando uma grande diferença entre os sistemas de produção utilizados no que diz respeito ao potencial de produtividade.

Embora seja constatada uma grande evolução no nível tecnológico na produção de milho no Brasil, a maximização da produtividade só tem sentido quando associada com otimização do uso de insumos, sustentabilidade e maior rentabilidade. Por outro lado, é comum verificar situações onde a quantidade de fertilizantes, especialmente o fósforo e o potássio, são aplicados acima da quantidade técnica recomendada. Também é comum o uso excessivo de inseticidas e fungicidas, onerando o custo de produção e

comprometendo a saúde do produtor e o meio ambiente. Máximas produtividades devem ser obtidas com eficiência. Não basta simplesmente o aumento no uso de insumos mas sim a sua utilização de forma racional e balanceada, explorando o sinergismo entre as diferentes tecnologias.

As mudanças que vêm ocorrendo nos sistemas de produção de milho no País comprovam a profissionalização dos produtores, associadas ao papel cada vez mais importante de técnicos, consultores e extensionistas da rede pública e especialmente da rede privada, através da assistência técnica e do maior fluxo de informações. Além disso várias tecnologias ligadas à cultura foram implementadas ou ainda estão sendo implementadas no agronegócio brasileiro.

Nos sistemas de produção, os fatores tecnológicos podem ser divididos em “construção da produtividade” e “proteção de produtividade”. Os fatores de construção da produtividade são: a) genético - cultivares; b) manejo cultural - precisão na semeadura; c) fertilidade do solo, nutrição e adubação; d) clima - disponibilidade espacial e temporal de água e temperatura. Os fatores de proteção da produtividade possibilitam a colheita da produção que tem sido construída: a) controle de plantas daninhas; b) controle de pragas; c) controle de doenças; d) manejo da colheita.

Para se alcançar altos rendimentos, é necessário que os agricultores e consultores dediquem aos seus sistemas de produção atenção suficiente aos fatores de construção da produtividade. A intensificação dos esforços para analisar e a implementação das mudanças nas áreas de construção da produtividade são o caminho para significativamente melhorar as condições econômicas e ambientais, associadas com muitos sistemas agrícolas. Altas produtividades são obtidas de forma gradual e passam invariavelmente pelo aumento da capacidade produtiva do solo e por ajustes nos sistemas de produção.

Sistema de plantio direto

Um fator comum entre os agricultores detentores de recordes de produtividade no mundo é sua habilidade em identificar e manter um ambiente altamente produtivo no solo. Áreas de alta produtividade têm em comum o manejo que prioriza a produção de material orgânico, solos com maior teor de matéria orgânica e boa qualidade operacional de todas as atividades.

O produtor deverá procurar sempre aumentar o potencial produtivo de sua lavoura através de técnicas como o sistema de plantio direto, com adequado programa de rotação e sucessão de culturas, envolvendo inclusive o consórcio de milho com forrageiras (Integração Lavoura-Pecuária), visando o manejo conservacionista do solo e da água e a preservação do meio ambiente.

Em sistemas envolvendo rotação e/ou sucessão de culturas, o produtor deverá conhecer as peculiaridades de cada cultura. Na adubação e na correção do solo deverá levar em consideração o sistema como um todo e não

apenas uma cultura isoladamente. Confirmando tais afirmativas, no levantamento realizado pela Embrapa, verificou-se que, dentre as lavouras com rendimentos superiores a 8,0 t/ha, ocorre a predominância (91%) do uso do sistema de semeadura direta e da rotação de cultura do milho com a soja. No Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, esta percentagem sobe para 99% (CRUZ et al., 2009).

Fertilidade do solo, exigências nutricionais e adubação do milho

A fertilidade dos solos, as exigências nutricionais e a adubação são componentes essenciais para a construção de um sistema de produção eficiente. A disponibilidade de nutrientes deve estar sincronizada com o requerimento da cultura, em quantidade, forma e tempo. Deve ser objetiva e portanto baseada em um diagnóstico através da análise do solo e na expectativa de produtividade da cultura. Altas produtividades significa maior exigência e maior extração de nutrientes do solo (Tabela1).

Tabela 1. Extração e exportação de nutrientes pela cultura do milho para produzir uma tonelada de grãos

Nutrientes	Extração	Exportação	
Macronutrientes	Kg. t ⁻¹ de grãos	Kg. t ⁻¹ de grãos	%
N	24,9	15,8	63
P ₂ O ₅	9,8	8,7	89
K ₂ O	21,8	5,8	26
Ca	3,9	0,5	12
Mg	4,4	1,5	36
S	2,6	1,1	45
Micronutrientes	g.t ⁻¹ de grãos	g.t ⁻¹ de grãos	%
Fe	236	11,6	5
Mn	43	6,1	14
Cu	10	1,2	12
Zn	48	27,6	57
B	18	3,2	18
Mo	1	0,6	63

Fontes: Embrapa Milho e Sorgo, dados não publicados.

Dados sobre o consumo de fertilizantes na cultura do milho no Brasil mostram que normalmente os níveis médios de fósforo e, em algumas situações, o de potássio, são adequados, mas os baixos níveis de nitrogênio aplicados em cobertura têm limitado o rendimento da cultura (Tabela 2). A preocupação com micronutrientes aumenta com o aumento dos rendimentos. A utilização e o manejo de fertilizantes são ao mesmo tempo instrumentos importantes na construção da produtividade e dois dos fatores que mais oneram o custo de produção e, conseqüentemente, a rentabilidade do produtor, portanto, merecem especial atenção por alguém que tem por meta alcançar altas produtividades com baixo custo.

Tabela 2. Consumo médio atual de nutrientes na cultura do milho no Brasil comparado aos Estados Unidos e à Índia.

País	Nutrientes (kg/ha) ^{1/}		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Brasil	80	95	46
EUA	170	84	78
Índia	125	60	30

^{1/}Nitrogênio – 30 kg/ha aplicados na semeadura e 50 kg/ha aplicados em cobertura.

Fonte: Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes (2010).

Os solos apresentam diferenças em sua capacidade de fornecimento de nutrientes, dependendo da quantidade de reservas totais, dinâmica de mobilização e fixação e da disponibilidade dos nutrientes para as raízes. Desse modo, é necessário quantificar, por meio de análises químicas, o potencial dos solos em fornecer os nutrientes e o estado nutricional das plantas, como instrumentos para o uso eficiente de corretivos e fertilizantes. A Figura 1 ilustra a classificação da fertilidade dos solos, utilizada para interpretação da capacidade dos solos em suprir nutrientes as culturas.

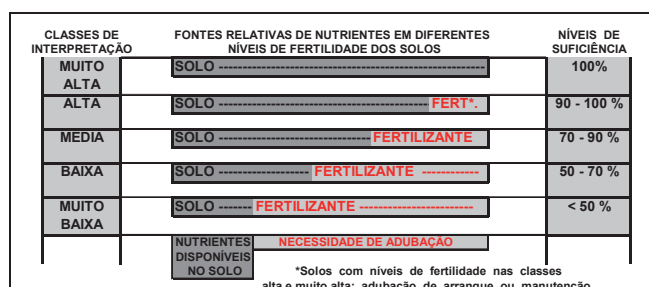


Figura 1. Conceitos utilizados para interpretação dos indicadores da fertilidade dos solos e sua capacidade potencial no suprimento de nutrientes às culturas.

Fonte: Coelho e Rezende (2008).

Além destes fatos, é necessário também levar em consideração os diferentes esquemas de rotação e sucessão de culturas que apresentam diferenças nas exigências nutricionais e a reciclagem dos nutrientes pelas diferentes culturas componentes dos sistemas de produção utilizados nas propriedades agrícolas.

Um requisito importante para definir os requerimentos nutricionais para obter um rendimento máximo de milho é o de identificar o potencial de rendimento da cultura em um ambiente de interesse. Do ponto de vista de fertilidade dos solos e da nutrição do milho, resultados de pesquisas e a experiência têm demonstrado que altas produtividades, aqui definidas como sendo aquelas acima de 7,0 t/ha, só têm sido possíveis em solos cuja fertilidade encontra-se em níveis classificados como de médio a alto (Figura 1). De acordo com Hoeft (2003), um fator comum entre os agricultores detentores de recordes de produtividade de milho no mundo é sua habilidade em identificar e manter um ambiente altamente produtivo nos solos (Figura 2).

Em solos cuja fertilidade encontra-se nas classes baixa e muito baixa (Figura 1), seja devido as condições naturais ou por processos de degradação, mesmo com aporte de corretivos e fertilizantes em doses adequadas, é bastante difícil, já no primeiro ano, obter altas produtividades de milho, acima do nível

mencionado anteriormente. Exemplos típicos ocorreram em tempos passados por ocasião de abertura dos cerrados ou recentemente com a recuperação de pastagens degradadas com a utilização da Integração Lavoura-Pecuária. Em ambas as situações, a introdução do milho foi frustrante, com baixos níveis de produtividades.

Assim, para atender as exigências nutricionais de lavouras de milho de alta produtividade é preciso otimizar as condições de desenvolvimento das plantas, via melhoria do grau de fertilidade do solo. Um dos fatores importantes a ser considerado para que essa meta seja atingida é aquele voltado à execução de práticas de manejo que impliquem em aumento dos teores de matéria orgânica do solo. O aumento dos estoques de matéria orgânica tem sido constatado com frequência em áreas sob plantio direto, muito embora esses aumentos demandem mais tempo para serem alcançados em solos arenosos.

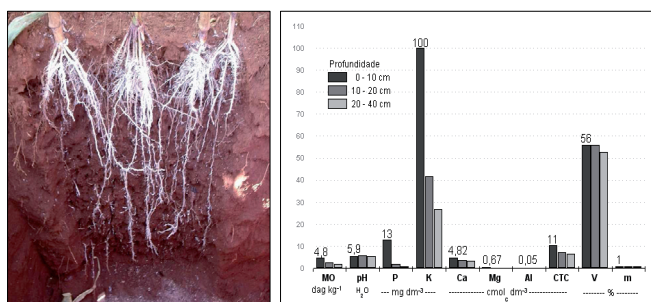


Figura 2. Perfil de um Latossolo mostrando o desenvolvimento do sistema radicular do milho e respectivos resultados dos parâmetros indicadores da fertilidade do solo até a profundidade de 40 cm.

Existe a necessidade de desenvolver conhecimentos científicos integrados sobre a relação entre produtividade dos solos, rendimento potencial dos cultivos e eficiência no uso de insumos. Um desafio muito importante é melhorar a predição da capacidade dos solos em suprir nutrientes, a eficiência dos fertilizantes, a acumulação de nutrientes na planta e seu efeito no rendimento em termos absoluto. Isto assume importância em função da adoção em larga escala do Sistema de Plantio Direto (SPD), que tem como principal requisito a rotação de culturas, com grandes implicações nos atributos ligados à fertilidade dos solos.

Genética e qualidade de semente

A semente pode ser considerada o principal insumo e incorpora várias outras tecnologias. De modo geral, a cultivar é responsável por 50% do rendimento final. Conseqüentemente, a escolha correta da semente pode ser a razão do sucesso ou insucesso da lavoura.

Na safra 2011/12, foram disponibilizadas 316 cultivares convencionais e 173 cultivares transgênicas, com grande predominância de híbridos simples (60,32%) e triplos (20,04%), de maior potencial genético (CRUZ et al., 2011). Cerca de 60% das sementes, plantadas tanto na safra como na safrinha, são híbridos simples de alto potencial genético. No entanto, é fundamental utilizar um sistema de produção com nível tecnológico adequado para que essas sementes possam mostrar o seu potencial produtivo e o agricultor obter maior lucro.

Várias informações são fornecidas para cada cultivar e o produtor deverá estar atento a elas, especialmente aquelas referentes à adaptação à região, ao comportamento em relação às principais doenças, à época de plantio (cedo, normal, safrinha), à finalidade de uso (grãos, silagem) e com relação a densidades de plantio recomendadas.

No ano agrícola 2010/11, para a safra como um todo, o percentual de sementes transgênicas de milho em relação ao total comercializado atingiu aproximadamente 64%, contra 39% na safra anterior. Na safra de verão, cerca de 58% das sementes adquiridas de milho foram de cultivares com eventos transgênicos e na safrinha este percentual atingiu cerca de 70% (na safra anterior estes percentuais foram de, respectivamente, 35% e 42%). A grande diferença entre estas duas épocas de plantio, e que afetam o mercado de sementes, é que no verão estão incluídos os produtores tradicionais com menor disposição de investir em insumos de mais alto preço, enquanto na safrinha a produção de milho apresenta características comerciais.

Em quase todos os principais estados produtores de milho, as cultivares transgênicas

ultrapassaram as convencionais neste ano. Dos principais estados produtores, somente no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina o percentual de uso de sementes transgênicas comercializadas ficou abaixo de 50% na safra de verão. Na safrinha, em todos os principais estados produtores, este percentual foi atingido (o menor foi verificado no estado de Goiás, com 55%).

Embora os transgênicos de milho se concentrem no mercado de sementes de milho híbrido simples (o que é lógico, pois os consumidores deste tipo de híbrido já estavam acostumados a pagar mais por um insumo com maior potencial de produção), o grande avanço dos transgênicos ocorreu no segmento dos híbridos triplos. Neste tipo de milho, para a safra como um todo, o percentual de sementes com eventos transgênicos vendidas já alcança 61%, sendo que na safrinha (mais tecnicizada que no verão) o percentual é de 74%, semelhante ao dos híbridos simples, nesta mesma época.

A lógica econômica do crescimento da venda de sementes transgênicas de milho ocorreu primeiro no segmento de sementes de preço mais alto e agora, nesta segunda fase, no segmento de sementes de preço médio e em épocas e regiões de plantio com características mais comerciais. Desta forma, o produtor passou a ter o benefício

do evento transgênico adquirindo uma semente de mais baixo custo.

O interessante é que o diferencial de preços que existe entre os híbridos simples e triplos transgênicos e os comerciais tem se mantido, na média, constante, ao redor de R\$ 80,00 por saco, na safra, e de R\$ 75,00 por saco, na safrinha. Eventuais acréscimos neste diferencial são mais devido à redução do preço das cultivares convencionais (como estratégia das empresas para manter as vendas) do que por elevação dos preços das sementes transgênicas (GARCIA; DUARTE, 2011). Além de serem cultivares de alto potencial genético, a utilização de milho transgênico resistente a insetos da ordem Lepidóptera (lagartas), o milho Bt, tem sido a principal estratégia de controle de lagartas empregada na cultura, sobretudo aquelas onde outras táticas de controle tem se mostrado ineficientes, como a broca do colmo. No mercado brasileiro existem disponíveis diferentes tipos de milho Bt (Tabela 3) contra os insetos da ordem lepidóptera, a exemplo da lagarta-do-cartucho do milho, da broca-do-colmo, da lagarta-da-espiga e da lagarta-elasma. As cultivares transgênicas hoje comercializados no Brasil não dispensam o tratamento de sementes, o qual continua sendo necessário para o controle de insetos sugadores e pragas subterrâneas.

Tabela 3. Empresas, eventos, marcas e toxinas de híbridos de milho Bt disponibilizados na safra 2011/12.

Empresa	Evento	Marca (Sigla)	Toxina	Nº de híbridos
Monsanto	MON 810	YieldGard® (YG,Y)	Cry 1Ab	41
Dow AgroScience	TC 1507	Herculex® (Hx, H)	Cry 1F	47
Syngenta	BT 11	Agrisure TL® (TL)	Cry 1Ab	17
Monsanto	MON 89034	YieldGard VTPRO® (PRO)	Cry1A105(1Ab, 1Ac, 1F) + Cry 2AB2	23
Syngenta	MIR 162	Viptera®	VIP3Aa20	2

Fonte: Adaptado de Cruz et al. (2011).

Além das cultivares mencionadas na Tabela 3, existem ainda 28 cultivares transgênicas para, simultaneamente, o controle de lagartas e com resistência ao herbicida glifosato aplicado em pós-emergência do milho: 17 cultivares com os eventos Herculex e Roundup Ready ; 9 cultivares com os eventos YieldGard e Roundup Ready; 1 cultivar com os eventos VT PRO e Roundup Ready e 1 cultivar com os eventos TL Agrisure e GA 21.

Manejo Cultural

O manejo cultural deve ser adequado para explorar ao máximo o potencial genético de uma cultivar em uma determinada condição edafoclimática, levando em consideração aspectos econômicos e a sustentabilidade do sistema de produção. Dessa forma, o manejo correto do solo, a época de semeadura, o espaçamento e a densidade, o controle de plantas daninhas, pragas e doenças e aspectos relacionados a fertilidade do solo, nutrição e adubação são essenciais para o sucesso de uma lavoura.

A época de plantio

Embora não tenha custo adicional, o plantio de milho feito na época correta afeta diretamente a produção e a produtividade da lavoura e, conseqüentemente, o lucro do agricultor. O atraso no plantio dificulta também diversas operações agrícolas, como o controle de pragas e plantas daninhas, além de aumentar a ocorrência e a severidade de doenças e é apontado como um dos principais fatores responsáveis pela baixa produtividade, principalmente do pequeno e médio produtor.

Espaçamento e densidade de semeadura

Outro importante componente do sistema de produção é a densidade de semeadura, a qual é função da cultivar, da disponibilidade hídrica e de nutrientes. Assim, qualquer fator que afetar a disponibilidade de água e nutrientes para o milho também afetará a escolha da

densidade de semeadura. Em relação a cultivar, a densidade poderá variar em função do porte, da arquitetura da planta, da resistência ao acamamento e da finalidade a que se destina o plantio. Normalmente, híbridos simples e triplos, cultivares mais precoces, de menor porte e mais eretas, permitem o uso de densidades mais elevadas e espaçamentos mais estreitos. Levantamento realizado por técnicos da Embrapa Milho e Sorgo mostrou que dentre produtores que alcançaram rendimentos de grãos superiores a 8,0 t/ha, 65% utilizaram uma densidade de semeadura superior a 65 mil plantas por hectare e, cerca de 30% utilizaram uma densidade superior a 70 mil plantas por hectare (CRUZ et al, 2009).

Tem sido cada vez mais frequente a utilização de espaçamento reduzido (0,45 - 0,50 m), geralmente associado a maior densidade de plantio. Entre as vantagens potenciais da utilização de espaçamentos mais estreitos, podem ser citados: o aumento do rendimento de grãos, em função de uma distribuição mais equidistante de plantas na área, aumentando a eficiência de utilização de luz solar, água e nutrientes; o melhor controle de plantas daninhas, devido ao fechamento mais rápido dos espaços disponíveis, diminuindo, dessa forma, a duração do período crítico das plantas daninhas; a redução da erosão, em consequência do efeito da cobertura antecipada da superfície do solo, melhor qualidade de plantio, através da menor velocidade de rotação dos sistemas de distribuição de sementes e maximização da utilização de plantadoras, uma vez que diferentes culturas, como milho e soja, poderão ser plantadas com o mesmo espaçamento, permitindo maior praticidade e ganho de tempo. Tem sido também mencionado que os espaçamentos reduzidos permitem melhor distribuição da palhada de milho sobre a superfície do solo, após a colheita, favorecendo o sistema de plantio direto.

Manejo integrado de pragas

Ocorrência de doenças, plantas daninhas e insetos pragas, juntos ou individualmente,

pode afetar significativamente o potencial produtivo da planta de milho. O controle químico de pragas, doenças e plantas daninhas deve ser orientado dentro dos princípios de boas práticas agropecuárias, evitando onerar desnecessariamente o custo de produção e protegendo o agricultor e o meio ambiente.

Embora a adoção de sementes de milho Bt tenha mudado drasticamente o manejo das lagartas na cultura do milho, não elimina a necessidade de manejo de outras pragas. As cultivares transgênicas hoje comercializados no Brasil não dispensam o tratamento de sementes, o qual continua sendo necessário para o controle de insetos sugadores e pragas subterrâneas.

O tratamento de sementes é o método mais prático para controlar as pragas iniciais, tendo as vantagens de ser de baixo custo, reduzido impacto ambiental, fácil de utilizar e eficaz no controle de pragas iniciais da lavoura do milho. Existem diversos inseticidas registrados no MAPA para essa finalidade. Deve-se primeiramente conhecer o histórico do ataque de pragas na região e escolher o inseticida mais adequado para a espécie de inseto de maior ocorrência. O inseticida que controla uma determinada praga pode não ser eficiente para outra. O tratamento de sementes pode ser feito pelo próprio agricultor ou através de tratamento industrial onde o produtor já adquire a semente tratada. A vantagem do uso do tratamento industrial de sementes pode ser explicada em função da uniformidade do tratamento, garantida por meio do uso de dose de ingrediente ativo por semente, o que resulta em plântulas mais uniformes e com maior capacidade de suportar os estresses causados pelas pragas e doenças durante as fases iniciais de desenvolvimento da cultura.

Hoje, em algumas regiões, o uso de fungicidas já é rotineiro no sistema de produção. Entretanto, sua aplicação tem sido realizada indistintamente, sem levar em consideração o comportamento da cultivar em relação a estas doenças.

Mais recentemente, com a liberação de milho transgênicos que conferem resistência ao herbicida glifosato aplicado em pós-emergência,

surge nova opção no manejo de plantas daninhas mas que também vão requerer cuidados em sistemas de rotação ou sucessão de culturas (soja-milho) que apresentam essa característica.

Agricultura de Precisão

Os sistemas de produção têm incorporado novas técnicas no sentido de aumentar a produtividade das lavouras, ao mesmo tempo em que se busca redução nos custos de produção. Dentre as alternativas disponíveis para aumentar a eficiência agrônômica do setor produtivo, tornando-o mais competitivo, as tecnologias da Agricultura de Precisão (AP), vêm despontando como bastante promissoras. Conceitualmente, a AP é uma forma integrada de gerenciamento das informações nas lavouras, que se fundamenta na existência de variabilidade espacial e temporal dentro da agricultura convencional.

É uma tecnologia moderna para o manejo dos solos, das culturas e dos insumos, de modo adequado e considerando as variações espaciais e temporais dos fatores que afetam a produtividade (fatores de construção e proteção). A agricultura de precisão, visa, portanto, o gerenciamento mais detalhado do sistema de produção agrícola como um todo, não somente das aplicações de insumos ou de mapeamento diversos, mas de todo os processos envolvidos na produção. O emprego dessa tecnologia tem fundamento em dois pontos básicos: (a) grandes investimentos foram feitos até hoje, no sentido de atender as indagações dos fatores limitantes da produtividade – com a AP podem-se encontrar respostas que até então não estavam presentes nos questionamentos; e (b) por mais que o conhecimento do manejo das principais culturas venha ocorrendo de forma organizada e haja incorporação rápida das inovações tecnológicas, ainda faltam ferramentas que auxiliam no entendimento dos fatores que comprometem a produtividade. O banco de dados necessários na AP pode fornecer essas informações.

Como exemplo da magnitude dessa variabilidade espacial na produtividade das culturas, na Figura

3 é apresentado um mapa da variabilidade na produtividade de milho de uma área de 38 ha, cultivado em sistema de semeadura direta, em solo de cerrado. A produtividade de grãos variou de 3,0 a 12,0 kg/ha, com média de 7,7 t/ha ($\pm 1,68$ t/ha). Em termos proporcionais esta variabilidade é também bastante significativa, com 55% da área apresentando produtividades variando de 7,0 a 12,0 t/ha e o restante (45%) com produtividades de 3,0 a 7,0 t/ha. Esta variabilidade além de reduzir o potencial produtivo da área e a eficiência dos insumos aplicados, apresenta redução no retorno econômico da atividade, conforme demonstrado por Mattoso e Garcia (2006).

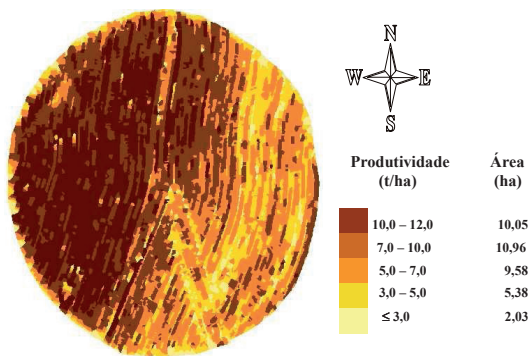


Figura 3. Mapa de produtividade de milho obtido com o sistema FieldStar - AGCO/MF (Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, 1999/2000).

Embora as tecnologias da agricultura de precisão possam ser utilizadas para a aplicação de diferentes insumos agrícolas (sementes e densidade de plantio, dosagem de pesticidas, monitoramento de pragas e doenças, etc.) foi no manejo da fertilidade do solo e no monitoramento da disponibilidade de nutrientes para as plantas que esse novo conceito de manejo foi originalmente empregado (COELHO, 2008). Isso tudo ocorreu em função da adição de fertilizantes em doses que atendam a real necessidade das plantas, além de aumentar a renda dos agricultores, reduzir as perdas de nutrientes e diminuir o impacto ambiental associado à aplicação de fertilizantes. O desafio que se apresenta é o de interpretar a variabilidade espacial dos atributos físicos e químicos do solo a fim de que o lucro do agricultor seja aumentado, sem que ocorra a aplicação de doses excessivas de fertilizantes.

Fatores edafoclimáticos

Atualmente alguns produtores já estão alcançando rendimentos de grãos a patamares de 15,0 t/ha. Nestas situações, além dos fatores controláveis pelo homem, existem fatores edafoclimáticos que limitarão ou dificultarão o alcance destes rendimentos. Além da precipitação, as temperaturas noturnas e diurnas, a amplitude térmica, o comprimento do dia e a radiação solar condicionados pela região tropical poderão limitar nossa produtividade. Um exemplo típico é a altitude.

Os diferenciais entre as áreas de maiores altitude e áreas baixas ainda existem devido a amplitude térmica, porém com híbridos mais adaptados e aliados a novas tecnologias (milho Bt, espaçamento reduzido, população alta, fungicidas, manejo e fontes de N, agricultura de precisão, novos herbicidas, manejo irrigação), essas diferenças estão diminuindo consideravelmente, sendo possível em áreas de baixas altitudes ultrapassarem as 12,0 t/ha de grãos (200 sacas/ha) ou 60,0 t/ha de forragem (35% de matéria seca).

A gestão da implantação das melhorias

O encarecimento dos insumos e das operações de campo afetam profundamente os custos de implantação das lavouras de milho. Nestas condições, a procura pela melhor eficiência no uso dos insumos e na condução das operações de campo, principalmente no que diz respeito à utilização na forma e época correta, é essencial e sinalizam a necessidade de um maior cuidado na gestão das lavouras. Em lavouras comerciais, este gerenciamento implica em que as decisões acerca das quantidades e qualidade dos insumos a serem utilizados sejam tomadas a partir da realização de análises de solos, histórico de área, divisão dos talhões de produção e na aplicação dos insumos e defensivos em épocas e condições adequadas. A condução criteriosa dos componentes do sistema de produção, envolve inclusive operações com pouca influência nos custos, mas que se realizadas de forma

adequada podem contribuir para a manutenção do potencial produtivo do sistema de produção a ser implantado.

A gestão do processo de produção deve ser direcionada para analisar e retirar os entraves ao melhor desempenho do sistema. Desta forma, a identificação do problema, a análise de suas causas, a busca de opções para resolução destas causas, avaliando os resultados da implementação das alternativas existentes e de seus custos fazem parte do início do processo de gestão.

O passo seguinte é o domínio das técnicas envolvidas na implementação da alternativa escolhida e sua execução. Um aspecto frequentemente relevado pelos agricultores é o domínio da técnica necessária para a implantação da alternativa escolhida. Dois aspectos importantes são a disponibilidade no mercado local dos insumos necessários, dos equipamentos necessários e o treinamento da mão de obra que irá executar as atividades.

Ao final, a análise dos resultados obtidos e das dificuldades encontradas para a implementação tem que ser feita, como preparativo para um novo ciclo de plantio.

Considerações finais

Pelas discussões apresentadas, verifica-se que rendimentos de 15,0 t/ha não são mais utopia e sim um rendimento possível de ser alcançado, pelo menos em algumas condições edafoclimática mais favoráveis.

Não basta simplesmente o aumento no uso de insumos mas sim a sua utilização de forma racional e balanceada, explorando o sinergismo entre as diferentes tecnologias.

Ao invés de sistemas de menor custo por área plantada, a eficiência está em sistemas que proporcionam maior produtividade, para uma dada utilização de recursos financeiros. Isto consiste no melhor gerenciamento dos gastos, sendo estes utilizados em insumos que realmente limitam a produtividade e também no melhor gerenciamento das tecnologias componentes dos

sistemas de produção.

Áreas de alta produtividade têm em comum o manejo que prioriza a produção de material orgânico, solos com maior teor de matéria orgânica e boa qualidade operacional de todas as atividades, isto é, altas produtividades serão obtidas em solos de altas produtividades, portanto, dentro dos conceitos modernos de agricultura, altas produtividade, de forma eficiente está intimamente associada com alta sustentabilidade.

Referências

- ANUÁRIO Estatístico do Setor de Fertilizantes. São Paulo: ANDA, 2010. 158 p.
- COELHO, A. M. Agricultura de precisão em sistemas agrícolas. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. de (Ed.). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre a sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. p. 1063-1080.
- COELHO, A. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Rendimento do milho no Brasil: chegamos ao máximo? **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n.101, mar. 2003. Encarte técnico.
- COELHO, A. M.; REZENDE, A. V. de. **Exigências nutricionais e adubação do milho safrinha**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 8 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 111).
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos: décimo primeiro levantamento: agosto/2011**. Brasília, 2011. 41 p. Disponível em <<http://www.conab.gov.br/conabweb>>. Acesso em: 13 ago. 2011.
- CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; SILVA, G. H. da. Mais de 170 cultivares transgênicas são disponibilizadas no mercado de sementes do Brasil para a safra 2011/12. **APPS - Associação Paulista dos Produtores de Sementes e Mudas**, São José Rio Preto, 2011. Disponível em: <<http://www.apps.agr.br/artigos/?INFOCOD=32>>. Acesso em: 04 ago. 2011.

CRUZ, J. C.; PINTO, L. B. B.; PEREIRA FILHO, I. A.; GARCIA, J. C.; QUEIROZ, L. R. **Caracterização dos sistemas de produção de milho para altas produtividades**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 15 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 124).

GARCIA, J. C.; DUARTE, J. de O. O avanço da tecnologia OGM no mercado do milho no Brasil. **Informe CIMilho**, ano 4, n. 44, jul. 2011.

HOEFT, R. G. Desafios para obtenção de altas produtividade de milho e de soja nos EUA. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 104, p. 1-4, dez. 2003.

MATTOSO, M. J.; GARCIA, J. C. Análise econômica da agricultura de precisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO- CONBAP, 2., 2006, São Pedro, SP. **Anais...** São Pedro: ESALQ/USP, 2006. 1 CD-ROM. Palestra.

VYN, T. J. Nutrient placement and high yield management in corn. In: INFOAG 2001 CONFERENCE, 2001, Indianápolis. **Proceedings**. Indianápolis: [s.n.], 2001. 1 CD-ROM.

YAMADA, T. O nitrogênio e o potássio na adubação da cultura do milho. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 78, p. 1-4, jun. 1997.

Comunicado Técnico, 198

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Milho e Sorgo
Endereço: Rod. MG 424 km 45 Caixa Postal 151
 CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027 1100
Fax: (31) 3027 1188
E-mail: sac@cnpms.embrapa.br
 1ª edição
 1ª impressão (2012): on line

Ministério da
 Agricultura, Pecuária
 e Abastecimento



Comitê de publicações

Presidente: Presidente: Sidney Netto Parentoni.
Secretário-Executivo: *Elena Charlotte Landau*.
Membros: Flávia Cristina dos Santos Flávio Dessau-
 ne Tardin, Eliane Aparecida Gomes, Paulo Afonso
 Viana, Guilherme Ferreira Viana e Rosângela Lacerda
 de Castro.

Expediente

Revisão de texto: *Antonio Claudio da Silva Barros*.
Normalização bibliográfica: *Rosângela Lacerda de Castro*.
Tratamento das ilustrações: *Tânia Mara A. Barbosa*.
Editoração eletrônica: *Tânia Mara A. Barbosa*.