

Manejo da fertilidade do solo e adubação do milho na Região Centro Oeste

Álvaro Vilela de Resende¹, Jeferson Giehl¹, Miguel Marques Gontijo Neto¹, Emerson Borghi¹, Antônio Marcos Coelho¹, Flávia Cristina dos Santos¹, Samuel Campos Abreu¹

1 Introdução

Uma parcela do milho no Brasil é utilizada para o consumo humano direto e na obtenção de subprodutos com aplicações na indústria alimentícia e em outros processos industriais, mas a maior demanda é para composição de rações animais. Nos últimos anos, as exportações crescentes, sobretudo para a China, aliadas à destinação de parte dos grãos para produção de etanol no Centro-Oeste, criaram uma conjuntura de estímulo ao cultivo, por contribuírem para a manutenção de valores de comercialização mais atrativos aos produtores.

A colheita da segunda safra de milho, antiga “safrinha”, representou 95% da produção total de grãos do cereal no ano agrícola 2018/2019 na região Centro-Oeste, alcançando cerca de 50,2 milhões de toneladas, em uma área cultivada ao redor de 8,2 milhões de hectares, cobrindo metade da área ocupada com soja no verão. Essa quantidade colhida respondeu por 50,2% de toda a produção brasileira no período. As estimativas para 2019/2020 indicaram um incremento acima de 8,5% na área de segunda safra de milho na região (CONAB, 2020). Portanto, juntamente com a soja, a cultura do milho compõe a base dos sistemas

de produção na mais importante área de agricultura no País.

Embora a soja cultivada no verão sucedida pelo milho segunda safra seja o sistema dominante atualmente, há outras diferentes modalidades em que o milho se insere: 1) cultivo no verão, irrigado ou não, para produção de grãos; 2) cultivo com finalidade de produção de silagem; 3) consórcios com forrageiras para formação de palhada ou pastagem; 4) inserção em esquemas mais diversificados de rotação de culturas e outros, incluindo integração lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta; além de 5) campos de produção de sementes. Não há dados estatísticos precisos sobre a extensão de área dessas modalidades em particular, mas é importante atentar para o fato de que as distintas formas de exploração da cultura do milho exigem manejo nutricional específico e podem ter impactos variáveis na fertilidade do solo e interferir no desempenho das demais culturas componentes dos sistemas de produção.

Neste artigo, será dado enfoque ao milho no contexto de dois aspectos cruciais para o sucesso de qualquer atividade agrícola envolvendo culturas anuais em solos de cerrado. O primeiro ponto diz respeito à necessidade de se construir adequadamente a fer-

¹Embrapa Milho e Sorgo.
E-mail para correspondência:
alvaro.resende@embrapa.br

tilidade química no perfil de solo, como etapa inicial indispensável ao condicionamento de ambientes de alto potencial produtivo. O segundo ponto refere-se ao estabelecimento de um programa mais criterioso de reposição de nutrientes na medida de sua remoção pelas colheitas ao longo do tempo, de modo a preservar a condição de fertilidade construída e a produtividade, mas otimizando o retorno econômico das adubações que oneram fortemente os custos operacionais das fazendas.

2 Ajustando a fertilidade do solo para alto potencial produtivo

Com base no custo das sementes comercializadas em 2019/2020, pode-se considerar que 51% do milho plantado no Centro-Oeste foi de cultivares de nível tecnológico mais alto, conforme levantamento da Associação Paulista dos Produtores de Sementes e Mudanças (APPS). Assim, embora a época de cultivo na segunda safra não seja a que proporciona maior potencial de rendimento do milho, a maioria dos produtores atualmente já não trabalha mais com manejo “improvisado”, como acontecia no advento da safrinha.

Uma visão que vem se consolidando é que a fertilidade do solo deve ser gerenciada buscando melhor desempenho do sistema de produção como um todo e não de cada cultura de forma isolada. Na Tabela 1, são apresentados valores

de referência para o condicionamento da fertilidade química de solos de cerrado, em atendimento às necessidades gerais de espécies graníferas cultivadas em sequeiro. Esses valores são o ponto de partida, alvos do manejo visando tirar o máximo proveito da oferta ambiental, e devem ser usados nas etapas de diagnóstico e aferição periódica das condições das lavouras por meio da análise de solo. Dão ideia dos níveis de atributos de fertilidade a serem mantidos ao longo do tempo na camada de 0 a 20 cm de profundidade, embora possam ser refinados a partir de melhor reconhecimento da realidade local em termos de comportamento do solo e das culturas em safras sucessivas, além, é claro, do padrão tecnológico empregado na propriedade.

Essa abordagem constitui a forma técnica, econômica e ambientalmente mais racional de se fazer agricultura. Investimentos apenas parciais frente aos requerimentos expressos na Tabela 1 implicam em perda de eficiência no processo produtivo. Em outras palavras, cultivar um solo que não se encontra com fertilidade construída representa desperdício ou ineficiência na aplicação de todos os demais recursos de produção (sementes, defensivos, maquinário, irrigação...).

O condicionamento do perfil para estimular o crescimento radicular em profundidade é uma das técnicas mais efetivas para a convivência com as inconstâncias climáticas no cerrado, ao propiciar

Tabela 1. Valores de referência para a análise de solo na camada de 0-20 cm de profundidade, visando o estabelecimento de ambientes de alto potencial produtivo de grãos no cerrado. Fonte: Adaptado de Sousa & Lobato (2004) e Benites et al. (2010).

Teor de Argila	Matéria Orgânica	Atributos associados à fertilidade do solo									
		P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn	V
g/kg	g/kg	--- mg/dm ³ ---		--- Cmol _c /dm ³ ---		----- mg/dm ³ -----					%
≤150	10	25	40	2,4	1,0	9	0,5	0,8	5,0	1,6	50
160 a 350	20	20									
360 a 600	30	12	80								
>600	35	6									

* P e K extrator Mehlich1. S extrator Ca(H₂PO₄)₂, considerando a média dos teores em amostras de 0-20 e 20-40 cm de profundidade. B extraído água quente. Cu, Mn e Zn extrator Mehlich1.

melhor aproveitamento da água disponível no solo em períodos de veranico, e também no decorrer da segunda safra, quando diminuem as chuvas e inicia-se a estação seca no Centro-Oeste.

Para tal condicionamento, é preciso aplicar um conjunto de práticas agrícolas visando o fornecimento de cálcio (Ca) e a diminuição da acidez subsuperficial, pelo uso de calagem e gessagem, além do enriquecimento do perfil com outros nutrientes, notadamente o fósforo (P), por meio de adubações corretivas incorporadas. A presença de alumínio (Al) e/ou a deficiência de Ca abaixo de 10 ou 20 cm de profundidade, bem como a concentração do P e outros nutrientes apenas nos primeiros centímetros de solo, tendem a confinar o crescimento radicular superficialmente, deixando as culturas mais vulneráveis ao estresse hídrico. Áreas novas normalmente requerem, ainda, um investimento inicial em adubações corretivas para ajustar os níveis de potássio (K) e micronutrientes (B, Cu, Mn, Zn, Co e Mo).

Ao proporcionarem melhor desenvolvimento vegetal, com maior produção de biomassa de parte aérea e de raízes, as condições químicas satisfatórias no perfil e o sistema plantio direto (SPD) constituem o ponto chave para se alcançar também a qualidade/fertilidade física e biológica no solo. Nesse aspecto, pesa o baixo nível de diversidade de plantas e, por consequência, de variações na relação carbono/nitrogênio (C/N) da palhada e na arquitetura do sistema radicular, quando simplesmente se repete a sucessão soja/milho segunda safra a cada ano agrícola. Os produtores que conseguem contornar tal limitação com maior diversificação de cultivos e uso de plantas de cobertura completam a necessária harmonização, ficando menos dependentes de métodos mecânicos de condicionamento físico do perfil e mesmo de insumos externos para melhorar o equilíbrio químico-biológico na lavoura.

A matéria orgânica é o componente mais importante para a aptidão e potencial produtivo dos solos de cerrado, especialmente daqueles de textura mais arenosa, exercendo um papel intrincado, porém inegável na estabilização e tamponamento da condição de fertilidade construída. Portanto, tudo o que estiver ao alcance deve ser feito no sentido de conservar e, se possível, aumentar o teor de matéria orgânica do solo (MOS) nos ambientes de produção. Um conteúdo mais elevado de MOS significa melhor equilíbrio químico, físico e biológico, uma maior reserva de nutrientes (sobretudo de N) e de água, atenuando danos de estresses bióticos e abióticos, além de compensar desbalanços (“erros”) na adubação, tornando o sistema de produção mais autorregulado e resiliente.

3 Ajustando a reposição de nutrientes em sistemas envolvendo milho

O dimensionamento correto das práticas mencionadas na etapa de construção da fertilidade do solo pode ser feito com relativa facilidade, envolvendo alguma assistência técnica, a partir de análise do solo, das referências indicadas na Tabela 1 e, se necessário, consulta aos manuais de recomendação de corretivos e fertilizantes. Já o ajuste eficiente das adubações de manutenção apresenta maior complexidade e requer esforço técnico mais dedicado nos processos de diagnóstico, definição de critérios e prescrição de nutrientes a cada safra.

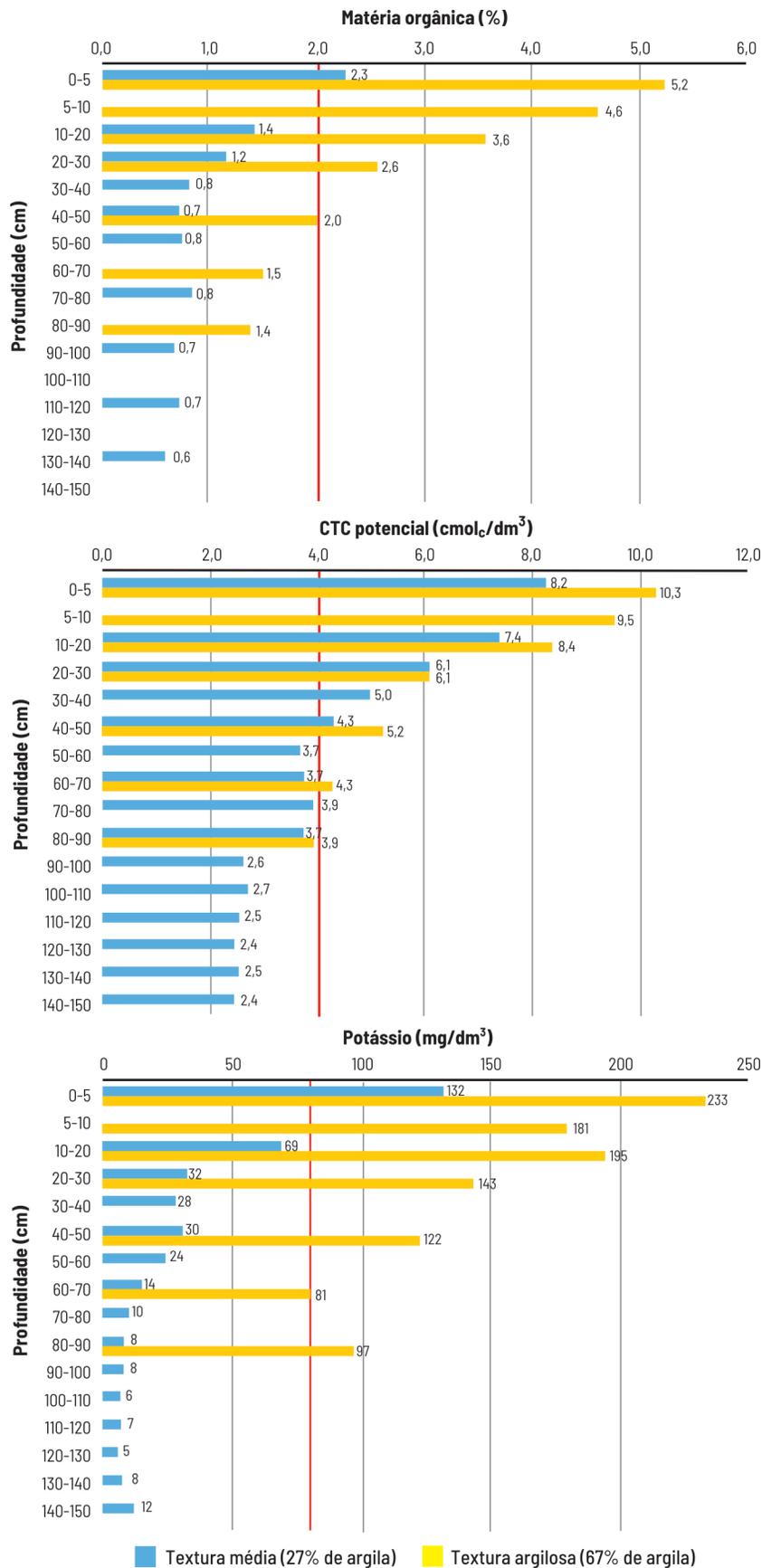
É um equívoco manejar um solo de fertilidade construída com dosagens fixas de nutrientes. Sem uma abordagem de dimensionamento flexível das quantidades aplicadas em safras sucessivas, fatalmente incorre-se em falta ou excesso, acarretando no uso ineficiente de fertilizantes, com conse-

quências econômicas e eventual aumento do risco ambiental das adubações.

O primeiro cuidado para lidar com essa questão é reconhecer ou ao menos inferir sobre o real significado agrônômico da condição de fertilidade construída, conforme a natureza e características do solo em cada lavoura. A título de exemplo, na Figura 1, pode-se observar níveis contrastantes de matéria orgânica, de capacidade de troca de cátions (CTC) e de teores de potássio, ao se comparar um solo de textura média e outro argiloso, ambos considerados de fertilidade construída. Verifica-se a maior capacidade do solo argiloso em suprir nutrientes e manter sua fertilidade ao longo de “n” safras, ou seja, o seu maior grau de tamponamento. Vale lembrar que, por mais aprimorado que seja o manejo, é improvável que os níveis de fertilidade do solo de textura média possam ser igualados aos do solo argiloso, pois são ambientes intrinsecamente distintos. Evidentemente, isso interfere nos critérios para o dimensionamento das adubações de manutenção em cada caso.

Assim, cada lavoura consiste de um ambiente de produção individualizado, com características particulares que precisam ser (re)conhecidas para subsidiar refinamentos gerenciais. Além do diagnóstico do solo, é necessário identificar mais precisamente as exigências nutricionais não

Figura 1. Distintos níveis de matéria orgânica, CTC e potássio trocável no perfil, exemplificando condições muito diferentes quanto à capacidade de estocagem de nutrientes e ao tamponamento de dois solos de cerrado, com textura média e argilosa, utilizados no cultivo de grãos. As linhas vermelhas nos gráficos dão ideia de limites críticos para um bom potencial produtivo. Fonte: Original dos autores.



Sistema de Cultivo	Exportação		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	kg/ha		
Milho segundo safra (6 t/ha grãos)	79	29	22
Milho segundo safra (9 t/ha grãos)	118	43	32
Safra verão (14 t/ha grãos)	195	67	52
Silagem de planta inteira (15,7 t/ha massa seca planta; 8,7 t/ grãos)	281	63	183

Figura 2. Exportação de nutrientes pela cultura do milho conforme a modalidade de cultivo e o nível de produtividade. Para converter P₂O₅ em P e K₂O em K, dividir, respectivamente, os valores da figura por 2,29 e 1,20.

apenas do milho, mas do sistema como um todo, incluindo a soja e eventuais outras culturas em esquema de rotação, dentre outros condicionantes. É regra comumente aceita que as adubações de manutenção devem, no mínimo, suprir os nutrientes necessários para repor as quantidades exportadas nas colheitas. Nesse caso, a técnica é chamada de adubação de restituição ou de reposição. Por isso mesmo, não é procedimento coerente e eficaz fixar uma prescrição e replicá-la para várias situações.

Se a racionalidade do manejo está em conservar a fertilidade construída, adubando-se em quantidade suficiente para repor a exportação, essa remoção de nutrientes precisa ser bem determinada para cada talhão ao longo do tempo. Focando no milho, a exportação pode ser muito variável, conforme o nível de produtividade registrado ou a finalidade do cultivo (Figura 2). Para uma dada modalidade de exploração (milho safra, segunda safra ou silagem) a produtividade e, portanto, a exportação de nutrientes oscila de um ano para outro. Tal variação costuma ser muito expressiva, principalmente no caso do milho segunda safra, como evidenciado nas estatísticas de produção por região ou estado (Figura 3). O mesmo raciocínio se aplica ao âmbito

de propriedade, onde ocorrem diferenças de produtividade entre anos-agrícolas, entre lavouras e até dentro de um talhão. Esse fato não pode ser desconsiderado no momento de definir as adubações de manutenção, sob pena de provocar desequilíbrios que prejudicarão as culturas subsequentes.

A adubação de restituição pode ser delineada de maneira mais eficiente quando se consegue integrar informações oriundas de registros ou estimativas de entradas, créditos e saídas de nutrientes, possibilitando calcular de maneira mais assertiva o balanço, conforme esquematizado na Figura 4. A determinação do balanço de nutrientes permite orientar de forma dinâmica a adubação das safras, de modo a manter equilibrada a fertilidade no sistema, desde que o solo já apresente os pré-requisitos de fertilidade construída (Tabela 1, Figura 5). Quando, no balanço, se detectam sobras de nutrientes da adubação que não foram exportados na colheita (saldo positivo), especialmente no caso de P e K, pode-se com razoável segurança diminuir proporcionalmente a aplicação para o próximo cultivo, que aproveitará os nutrientes residuais. Do contrário, havendo déficit no balanço calculado, é preciso aumentar o montante na próxima adubação, para compensar o saldo negativo

e assim repor o que foi retirado do sistema na produção obtida anteriormente.

O milho apresenta grande capacidade de absorção precoce de nutrientes, característica propulsora do rápido desenvolvimento das plantas e da definição do potencial produtivo no início do ciclo. Até o pendoamento (estádio VT), pode ocorrer mais de 60% da absorção total da maioria dos nutrientes (Tabela 2). Em termos práticos, significa que os requerimentos nutricionais da cultura precisam ser atendidos na fase vegetativa. Toda a adubação deve ser distribuída na lavoura preferencialmente nos primeiros 30 dias após a germinação, período que, além de permitir sincronizar melhor o suprimento com a demanda das plantas, coincide com a maior facilidade de circulação de maquinário entre as linhas de milho. Nos cultivos em segunda safra, esse prazo tende a ser ainda mais curto devido à frequente escassez de chuvas já a partir das primeiras semanas do ciclo.

É importante enfatizar que, pela lógica da adubação de restituição, uma parcela significativa dos nutrientes absorvidos pelas culturas vai depender das reservas do sistema (solo, MOS e palhada), de onde se originam créditos (Figura 4) que ajudam a suprir a demanda dos cultivos. Certa propor-

ção do que é acumulado durante o ciclo (extração) sai via exportação nas partes colhidas (Tabela 2) e precisará ser reposta na adubação justamente para que aquelas reservas sejam restabelecidas e continuem cumprindo o seu papel de fonte de nutrientes para as culturas seguintes, mantendo assim a estabilidade produtiva do sistema. Por isso, o balanço de nutrientes envolvendo uma sequência de cultivos/adubações/colheitas constitui um ótimo aferidor do equilíbrio nutricional, especialmente quan-

do devidamente confrontado com os resultados de análise de solo.

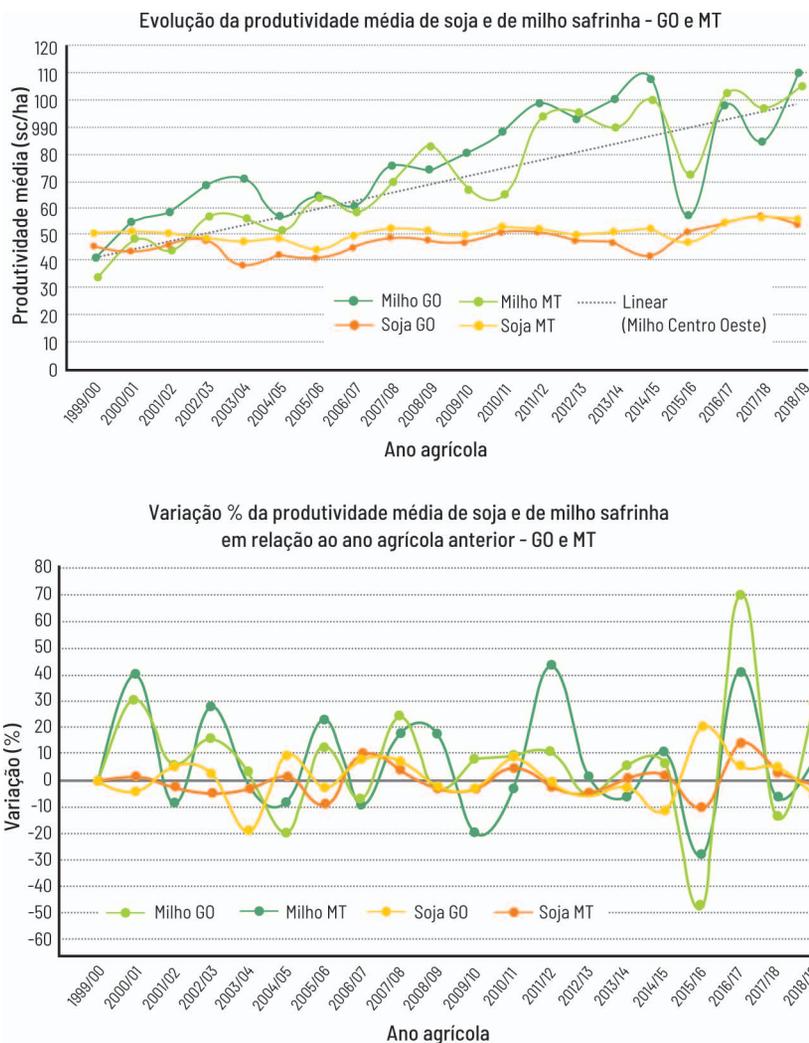
Considerando a sucessão à soja verão em solos com CTC maior que 4,0 cmol_c/dm³ (os quais apresentam razoável tamponamento/reserva de nutrientes), a adubação de restituição de P e K para o milho segunda safra poderia ser feita exclusivamente com base nas quantidades exportadas no cultivo anterior de soja e vice-versa, com ajustes no caso de mudança importante, para mais ou para menos, na produtividade esperada.

Esses dois nutrientes são os que melhor se adequam à estratégia de adubação de sistema, na qual o momento e a forma de distribuição dos fertilizantes podem ser escolhidos com mais flexibilidade, conforme conveniências técnicas ou operacionais. Cabe mencionar que a pesquisa tem demonstrado que a soja tem maior plasticidade, sendo menos responsiva à adubação de sistema do que o milho. Portanto, as razões para privilegiar a aplicação de P e K na soja, opção adotada por muitos produtores do Centro-Oeste, decorrem mais de vantagens operacionais do que de argumentos relacionados à eficiência técnica da adubação.

Os dados da Tabela 3 dão ideia das taxas de exportação de nutrientes nos grãos colhidos de soja e de milho. São informações atualizadas e que podem ser consideradas para contabilizar as saídas de nutrientes no balanço do sistema e subsidiar a definição das adubações na sucessão soja/milho segunda safra, por exemplo. Embora apresentem alguma variação em função de cultivar, ambiente e manejo da adubação, as quantidades exportadas por tonelada de grãos são relativamente semelhantes para condições diversas. No caso do milho, as diferenças entre safra e segunda safra são pequenas. De modo geral, as quantidades exportadas são mais afetadas pelas variações de produtividade das culturas do que de concentração dos nutrientes nos grãos.

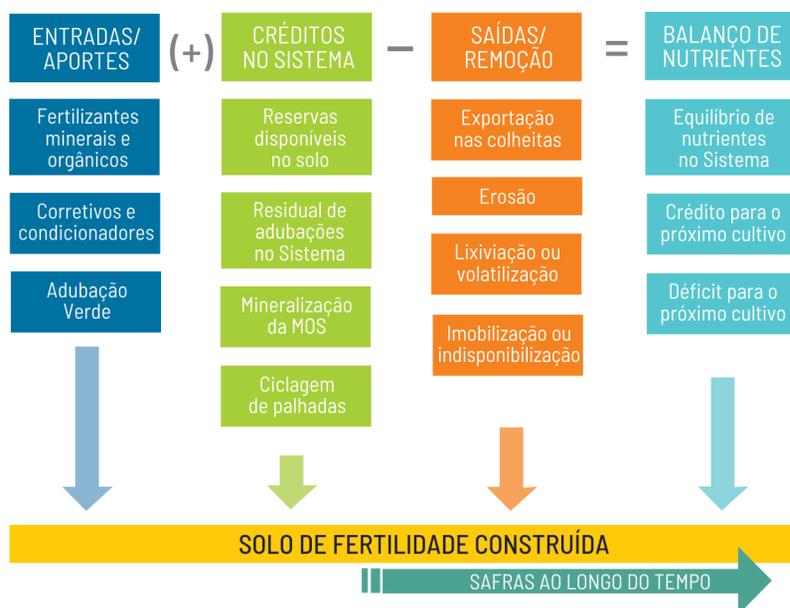
4 Manejo de nutrientes na cultura do milho

É natural que a adubação NPK receba mais atenção por representar o maior custo no manejo nutricional do milho. Como já mencionado, o fornecimento de P e K em sistemas consolidados deve ser baseado no balanço de entradas e saídas, com monitoramento periódico do solo para eventuais ajustes a fim de manter níveis de-



Fonte: Elaborado a partir dos dados de levantamento de safra da CONAB (2020).

Figura 3. Evolução da produtividade média do milho segunda safra e da soja nos estados de Goiás e Mato Grosso (gráfico de cima), e variação percentual da produtividade em relação ao ano anterior (gráfico de baixo). Notar que a variabilidade da produção e, por consequência, da exportação de nutrientes, é maior no milho do que na soja, em função, principalmente, da instabilidade climática na segunda safra.

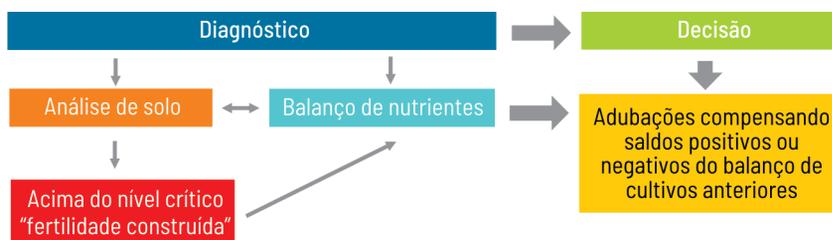


Fonte: Resende et al. (2019a).

Figura 4. Modelo conceitual para aplicação do balanço de nutrientes no monitoramento nutricional de sistemas de produção de culturas anuais em solos de fertilidade construída.

sejáveis de disponibilidade na camada de 0-20 cm do perfil (Tabela 1).

Assim, num exemplo soja/milho segunda safra com produtividades de 4,5 e 9,0 t/ha de grãos, respectivamente, a adubação de restituição para o sistema, com base nas taxas de exportação pelas duas culturas (Tabela 3), corresponderia a aportes ao redor de 88 (45+43) kg/ha de P_2O_5 e 123 (90+33) kg/ha de K_2O por ano agrícola. Desde que se assegure o reabastecimento nas quantidades totais exigidas, o produtor pode decidir entre diferentes alternativas de manejo da adubação de sis-



Fonte: Original dos autores.

Figura 5. Diagnóstico baseado na análise de solo e no balanço de nutrientes para suporte à tomada de decisão no manejo da adubação de restituição em sistemas de produção de culturas anuais.

tema, considerando possibilidades de alocação entre as culturas e modo de aplicação. A distribuição superficial a longo prazo geralmente é possível sem maiores restrições para os fertilizantes potássicos, enquanto, para os fosfatados, as premissas para eficiência técnica e segurança ambiental devem ser observadas (Prochnow et al., 2017).

Teores adequados e uma relação equilibrada de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) podem ser plenamente atendidos concomitantemente ao controle da acidez do solo, mediante escolha apropriada do tipo de calcário ou outros corretivos. O suprimento de enxofre (S) é garantido por vários anos após a utilização de gesso agrícola no manejo da acidez, sendo o efeito residual proporcional à dosagem aplicada. Deve ser monitorado por meio de análise de amostras de camadas superficiais e subsuperficiais (até 40 ou 60 cm no perfil), pois o S como sulfato ligado a cátions apresenta grande mobilidade. Quando o teor estiver abaixo do nível crítico (Tabela 1), efetuar reaplicação de gesso ou fornecimento por meio de outras fontes contendo o nutriente.

Já os micronutrientes (B, Cu, Mn, Zn, Co, Mo) devem ser aplicados de forma corretiva via solo na abertura de área, com reaplicações a cada quatro anos ou em intervalo menor para sistemas mais intensivos. Também devem ser monitorados periodicamente por meio de análises de solo e foliar, sendo opções complementares de fornecimento sua adição via produtos para tratamento de sementes e em adubações foliares. Devido às pequenas quantidades requeridas/aplicadas e às reações dos micronutrientes no solo, há grande variabilidade espacial e temporal na sua disponibilidade. Em parte, por esse motivo, vários resultados de pesquisa relatam benefícios de pulverizações com formulações multinutrientes durante a fase vegetativa do milho, promovendo certa uniformização da lavoura e maior rendimento de grãos.

Tabela 2. Índices de absorção/acúmulo na parte aérea do milho até o estágio de pendocimento e de translocação para os grãos, conforme o nutriente.

Nutriente	Absorção até o pendocimento (%)	Translocação para os grãos (%)
N	65 a 70	50 a 60
P	44 a 70	70 a 80
K	63 a 100	25 a 45
Ca	55 a 65	0,6
Mg	65 a 80	20 a 30
S	48 a 60	50 a 60
B	63	23
Cu	41 a 61	23 a 29
Fe	50 a 91	5 a 18
Mn	57 a 64	8 a 13
Zn	48 a 51	42 a 62

Fonte: Adaptado de Coelho e França (1995), Bender et al. (2013), Gutiérrez et al. (2018) e Silva et al. (2018).

O ajuste da adubação nitrogenada é mais desafiador, pois, mesmo adotando-se o balanço de nutrientes, é necessário lidar com indicadores pouco precisos sobre aspectos como: 1) potencial de créditos de N no sistema, afetado principalmente pelo tipo de palhada e taxas de decomposição de resíduos e de mineralização da MOS; 2) contribuição de cultivos antecessores de espécies leguminosas; 3) eficiência do fertilizante nitrogenado; 4) déficits decorrentes de processos de imobilização de N e de perdas por volatilização e lixiviação; e 5) influência de fatores climáticos como chuva/seca, calor/frio, insolação/nebulosidade, na demanda fisiológica do milho e no aproveitamento da adubação nitrogenada.

Na modalidade de cultivo mais comum no Centro-Oeste, o milho em sucessão à soja se beneficia muito dos créditos de N derivados da rápida decomposição dos restos culturais da leguminosa, além da própria contribuição da MOS. Entretanto, não há na literatura dados consensuais sobre as quantidades de N deixadas no sistema após a colheita da soja. Assume-se que quanto maior a produtividade de grãos, proporcionalmente maiores serão a massa de palhada na área e as quantidades

de N disponíveis para o milho em sucessão. Duarte et al. (2017) indicaram uma estimativa de crédito de 17 kg ha⁻¹ de N para cada tonelada de soja produzida.

O fornecimento de N na semeadura é decisivo para um bom arranque do milho. No caso da segunda safra, que geralmente requer menor dose total de N, fornecer certa quantidade na semeadura pode ser mais importante para

o desempenho produtivo do que a opção de se aplicar todo o nutriente apenas em cobertura (DUARTE et al., 2017). A adubação de cobertura poderia ser realizada até o estágio de 8 folhas, porém, muitas vezes a antecipação para o estágio de 3 a 4 folhas resulta em melhor resposta no plantio direto, além de estimular o fechamento do dossel da cultura facilitando o manejo de plantas daninhas. Para os padrões atuais de produtividade média na segunda safra, o fornecimento de dose total acima de 100 kg ha⁻¹ de N deve ter sua efetividade técnica e econômica aferidas localmente, devido a variações de resposta que sempre ocorrem em função de interferências climáticas, diferenças de créditos do nutriente no sistema e perdas por volatilização e/ou lixiviação.

Com frequência, doses totais de 90 a 120 kg/ha de N têm promovido produtividades superiores às médias estaduais e se mostrado economicamente viáveis para o milho segunda safra no Centro-Oeste. Entretanto, têm-se tornado cada vez mais comuns os relatos de lavouras com rendimento maior que 150 sc/ha. Nesses ambientes, a adubação indicada aci-

Tabela 3. Exportação de nutrientes em cada tonelada colhida de grãos de soja e de milho.

Soja					
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	S	
kg/t de grãos					
51,0	10,0	20,0	2,0	5,4	
Ca	B	Cu	Fe	Mn	Zn
g/t de grãos					
3000	20	10	70	30	40
Milho					
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	S	
kg/t de grãos					
13,5	4,8	3,7	1,1	0,9	
Ca	B	Cu	Fe	Mn	Zn
g/t de grãos					
49	4	2	14	5	17

Fonte: Adaptado de Embrapa (2013) e Duarte et al. (2019).

ma deve ser reforçada em 14 kg/ha de N para cada tonelada a mais de grãos que se espera produzir (acima de 150 sc/ha).

É preciso também maior atenção e eventual reforço na adubação nitrogenada para o milho em consórcio com gramíneas forrageiras (por exemplo, braquiárias). A insuficiência de N acentua a competição intra e interespecífica. Nos plantios consorciados, a falta do nutriente retarda o desenvolvimento do milho e favorece os capins, que mostram-se mais robustos e agressivos ao receberem maior incidência de radiação solar. Assim, o correto posicionamento do momento de realização da adubação de cobertura, para privilegiar o arranque do milho e o rápido fechamento do dossel, é uma estratégia de manejo para travar o crescimento do capim, de forma que a competição não prejudique o rendimento de grãos (Resende et al., 2019b).

Há grande interesse na prática de inoculação do milho com bactérias diazotróficas, a exemplo de espécies do gênero *Azospirillum*, capazes de realizar o processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN), além de estimularem a produção de determinados hormônios com efeitos promotores do crescimento de plantas. Alguns pesquisadores acreditam que esse segundo aspecto seja de fato o

mais relevante. É preciso ponderar que a FBN no milho, diferentemente da simbiose soja-rizóbio, não permite suprimir integralmente a adubação nitrogenada. A economia de fertilizantes ou os ganhos de rendimento pela inoculação do milho com bactérias diazotróficas são bastante variáveis entre locais/cultivos e inconstantes ao longo do tempo. Os benefícios esperados nem sempre são perceptíveis, sobretudo quando se trabalha com doses mais elevadas de N na adubação.

Além de ser determinante da produtividade do milho, o nível de fertilização nitrogenada afeta o saldo do nutriente após a colheita. Assim, a adubação deve fazer parte de um programa de reposição em que se busca considerar as reservas e ciclagem de N, permitir suprimento suficiente ao bom desenvolvimento e produtividade daquele cultivo e realimentar o estoque do sistema. De modo geral, a adubação nitrogenada do milho no Centro-Oeste vem sendo dimensionada em níveis insuficientes para cobrir sequer as quantidades exportadas nas colheitas. Em que pesem as respostas nem sempre compensatórias em termos econômicos devido às questões mercadológicas, cabe sensibilizar os produtores de que cultivos recorrentes de milho deixando déficits de N no sistema acabam por forçar

a degradação da MOS, com inevitável prejuízo ao seu papel primordial para a sustentabilidade da agricultura em ambientes de cerrado.

Mais informações aplicáveis ao manejo da fertilidade do solo e adubação do milho no Centro-Oeste podem ser acessadas no artigo técnico “Manejo de nutrientes no cultivo de milho segunda safra na região do Cerrado”, publicado na Revista Plantio Direto e Tecnologia Agrícola, edição 166 de nov/dez 2018.

5 Considerações finais

Os investimentos na construção da fertilidade, mesmo que realizados da melhor maneira possível, normalmente não dispensam ajustes posteriores no uso de corretivos e fertilizantes. O produtor deve fazer o monitoramento das condições de suprimento de nutrientes no sistema de culturas, por meio do balanço de entradas via adubação e saídas via colheita, aferindo periodicamente as reservas do solo com análises de rotina para detecção de oscilações dos atributos de fertilidade. Procedendo assim, é possível identificar a necessidade de redefinir as quantidades de fertilizantes para corrigir desbalanços entre requerimento/fornecimento de nutrientes às culturas ou nos níveis de disponi-

DRONE AGRAS MG-1P PARA PULVERIZAÇÃO AGRÍCOLA



DISTRIBUIDOR AUTORIZADO



Tel. (51) 2102 7100

WhatsApp: (51) 99574 6872

vendas@allcomp.com.br | www.allcomp.com.br

allcomp
geotecnologia e agricultura

bilidade no solo ao longo do tempo. Ainda é comum encontrar lavouras com déficit significativo de determinados nutrientes e sobra de outros quando se calcula o balanço, indicando oportunidades de aperfeiçoar o gerenciamento para uso mais eficiente de fertilizantes, com reflexos na produtividade e na rentabilidade das lavouras.

Os produtores do Centro-Oeste já usufruem da flexibilidade de manejo proporcionada pelo fato de grande parte das áreas de cultivo se encontrar com alta fertilidade, apresentando boa reserva de nutrientes no perfil do solo, seja em formas inorgânicas retidas na matriz mineral ou em formas orgânicas na palhada e MOS. Nesse cenário, o manejo nutricional das

culturas anuais avança para consolidar a adubação de sistema e a técnica de restituição dos nutrientes exportados como procedimentos rotineiros para maior eficiência. Mas muitos aperfeiçoamentos poderão ser acrescentados à medida que se utilizarem meios de integrar informações e critérios baseados no conhecimento detalhado do comportamento do solo e das culturas em cada talhão, com melhor quantificação dos fluxos de entrada, saída e ciclagem de nutrientes. Isso se tornará cada vez mais factível com a evolução da Agricultura 4.0 ou Agricultura Digital.

Por fim, resta ainda um desafio, talvez o maior atualmente constatado para o binômio soja/

milho segunda safra no cerrado, que é a composição de novos desenhos para a diversificação do sistema. Infelizmente, o modelo predominante de sucessão simples ainda está muito próximo à monocultura e degrada-se, implicando em problemas de toda ordem aos produtores.

6 Agradecimentos

Ao CNPq (Processo 422538/2016-7), à Fundação Agri-sus (Processo 2484/18) e à Yara Brasil (Processo 20700.19/0050-5), pelo suporte financeiro às pesquisas envolvendo adubação de sistema em solos de fertilidade construída.

7 Referências

BENDER, R.R.; HAEGELE, J.W.; RUFFO, M.L.; BELOW, F.E. Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern, transgenic insect-protected maize hybrids. **Agronomy Journal**, v.105, n.1, p.161-170, 2013.

BENITES, V.M.; CARVALHO, M.C.S.; RESENDE, A.V.; POLIDORO, J.C.; BERNARDI, A.C.C.; OLIVEIRA, F.A. Potássio, cálcio e magnésio. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. (Org.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: Nutrientes**. Piracicaba: IPNI Brasil, 2010, v.2, p.133-204.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação. **Informações Agronômicas**, n.71, p.1-9, 1995.

CONAB. **Série histórica das safras**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?limitstart=0> Acesso em: 30/06/2020.

DUARTE, A.P.; CANTARELLA, H.; KAPPES, C. Adubação de sistemas produtivos: milho safrinha e soja. In: PAES, M.C. (Ed.). **Construindo sistemas de produção sustentáveis e rentáveis: palestras do XIV Seminário Nacional de Milho Safrinha**, 2017. Sete Lagoas: ABMS, 2017, p.173-195.

DUARTE, A.P.; ABREU, M.F.; FRANCISCO, E.A.B.; GITTI, D.C.; BARTH, G.; KAPPES, C. Reference values of grain nutrient content and removal for corn. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.43, e0180102, 2019. DOI: 10.1590/18069657rbcs20180102

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja: Região Central do Brasil** 2014. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 265p.

GUTIERREZ, A.M.; RESENDE, A.V.; SILVA, C.G.M.; MARTINS, D.C.; SIMÃO, E.P.; MOREIRA, S.G.; FERREIRA, J.P.C. Uptake and exportation of micronutrients by transgenic cultivars of maize under no-tillage in the Brazilian Cerrado. **Journal of Agricultural Science**, v.10, p.304-314, 2018.

PROCHNOW, L.I.; RESENDE, A.V.; OLIVEIRA JUNIOR, A.; FRANCISCO, E.A.B.; CASARIN, V.; PAVINATO, P.S. Localização do fósforo em culturas anuais na agricultura nacional: situação importante, complexa e polêmica. **Informações Agronômicas**, n.158, p.1-5, 2017.

RESENDE, A.V.; BORGHI, E.; GONTIJO NETO, M.M.; FONTOURA, S.M.V.; BORIN, A.L.D.C.; OLIVEIRA JUNIOR, A.; CARVALHO, M.C.S.; KAPPES, C. Balanço de nutrientes e manejo da

adubação em solos de fertilidade construída. **Tópicos em Ciência do Solo**, v.10, p.342-398, 2019a.

RESENDE, A.V.; GONTIJO NETO, M.M.; BORGHI, E.; SIMAO, E.P.; MARTINS, D.C.; SANTOS, F.C.; COELHO, A.M. Nutrição e adubação do milho na região do Cerrado. In: FLORES, R.A.; CUNHA, P.P.; MARCHÃO, R.L.; MORAES, M.F. (Org.). **Nutrição e adubação de grandes culturas na região do Cerrado**. 1ed. Goiânia: UFG, 2019b, p. 463-502.

RESENDE, A.V.; GUTIÉRREZ, A.M.; SILVA, C.G.M.; ALMEIDA, G.O.; GUIMARÃES, P.E.O.; MOREIRA, S.G.; GONTIJO NETO, M.M. **Requerimentos nutricionais do milho para produção de silagem**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016, 12p. (Circular Técnica, 221).

SILVA, C.G.M.; RESENDE, A.V.; GUTIÉRREZ, A.M.; MOREIRA, S.G.; BORGHI, E.; ALMEIDA, G.O. Macro-nutrient uptake and export in transgenic corn under two levels of fertilization. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.53, p.1363-1372, 2018.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416p.