

Capítulo 7

Milho Safrinha: É Possível Reduzir a Adubação Sem Perdas na Produtividade?

*Álvaro Vilela de Resende
Miguel Marques Gontijo Neto
Emerson Borghi
Eduardo de Paula Simão
Jeferson Giehl
Samuel Campos de Abreu*

Resumo: O cultivo na safrinha em sucessão à soja de verão é a principal modalidade de produção de milho atualmente no Brasil, expressando crescente incremento de produtividade nos últimos anos. Em áreas consolidadas de produção, com fertilidade devidamente construída, as reservas de nutrientes disponíveis no solo são eventualmente suficientes para propiciar produtividades satisfatórias do milho safrinha com menor adubação. Contudo, este tipo de manejo no qual o milho fica muito dependente do residual de adubações dos cultivos antecessores não permite sustentar indefinidamente patamares elevados de produtividade e tende a penalizar o desempenho de todas as culturas componentes do sistema. As possibilidades de se reduzir a adubação do milho, sem perda da estabilidade produtiva do sistema, dependem de monitoramento e diagnóstico criteriosos das condições de cada talhão, de forma particularizada para cada nutriente. Não é possível generalizar recomendações. Para segurança na tomada de decisão sobre qual nutriente e quanto adubar, além da análise do solo confirmar fertilidade construída, é necessário calcular periodicamente o balanço de nutrientes, considerando os aportes ao sistema e as remoções nas colheitas. Feito esse cálculo, frequentemente tem-se constatado saldos positivos de fósforo (P), permitindo diminuir a adubação por algum tempo, sem maiores riscos. Em se tratando do nitrogênio (N) e do potássio (K), cujas reservas oscilam em curto prazo, reduzir o fornecimento para o milho nem sempre é a melhor opção. Um manejo mais racional deve seguir premissas que assegurem a preservação das condições de fertilidade do solo e do potencial produtivo do ambiente de cultivo, sobretudo

quando se almeja aumento no rendimento das culturas exploradas.

Balanço de nutrientes, adubação de restituição, adubação de sistema.

Introdução

A inclusão do milho compoendo os esquemas de cultivos anuais é uma necessidade, diante do desafio de aportar resíduos orgânicos (palhada) em quantidades suficientes para manutenção do sistema plantio direto (SPD), especialmente na região do Cerrado. Durante muito tempo a importância do milho safrinha foi relegada no contexto gerencial das fazendas produtoras de grãos, recebendo mínimo investimento tecnológico por causa, sobretudo, do risco de frustração da produtividade por restrições climáticas. Todavia, o sistema soja/milho safrinha foi sendo ajustado e, hoje em dia, responde por mais de 2/3 da produção brasileira do cereal (Conab, 2019). Portanto, não há mais espaço para o cultivo de milho na safrinha de forma amadora. É mandatório ponderar, dentre outros aspectos, o seu elevado custo de produção, bem como o impacto que exerce na demanda de nutrientes do sistema.

É preciso um monitoramento profissionalizado das lavouras e “olhar para o retrovisor” para definir o manejo futuro, pois, adubações mal dimensionadas no passado ou uma sequência de colheitas com boa produtividade, podem resultar em esgotamento ou desbalanceamento dos estoques de nutrientes no solo, comprometendo os cultivos que virão. Essa situação pode ocorrer, por exemplo, quando há condições climáticas favoráveis e tudo corre bem durante os ciclos da soja e do milho, resultando em elevada produtividade do sistema e consequente exportação de maiores quantidades de nutrientes. Não obstante, é comum o milho receber menor investimento em fertilizantes do que seria necessário, o que pode torná-lo o vilão da lavoura (Resende et al., 2018).

Obviamente, qualquer redução no aporte de nutrientes para o milho implica no consumo de reservas pré-existentes no sistema (solo + palhada) para cobrir os requerimentos da safrinha. Antes de se pensar em formas de flexibilizar o manejo da adubação visando maior rendimento operacional e/ou economia no gasto com fertilizantes, é preciso certificar a existência da condição de fertilidade construída

no perfil do solo. Valores de referência para aferição da “fertilidade disponível” foram compilados por Resende et al. (2019), com base nas informações de níveis críticos dos boletins de interpretação de análise do solo que cobrem as diferentes regiões de safrinha no Brasil. Se um talhão exibe níveis de nutrientes acima dos valores de referência, é possível otimizar as aplicações de fertilizantes para apenas repor as quantidades exportadas nos grãos colhidos e assim manter as reservas do sistema. Somente quando há informações confiáveis de que o nível de um dado nutriente está muito elevado é que se justifica deixar de adubar por algum tempo, ou aplicar pequena quantidade (adubação de arranque), de modo a usufruir maior rentabilidade da lavoura, sem risco à produtividade e dentro de limites que não impliquem em esgotamento acentuado da fertilidade do solo.

(Re)conhecendo os Ambientes de Produção

A decisão de reduzir a aplicação de adubos deve ser respaldada por diagnóstico consistente do nível de fertilidade do solo e da capacidade desse solo manter sua fertilidade ao longo de “n” safras, ou seja, o seu grau de tamponamento (**Figura 1**). Em função oferta ambiental e do histórico de uso e manejo, pode-se considerar que 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 apenas do milho safrinha, mas do sistema como um todo, incluindo a soja e eventuais outras culturas em esquema de rotação, dentre outros condicionantes. Por isso, não se pode estabelecer um receituário aplicável a qualquer situação. Embora um corte na adubação normalmente recaia sobre o milho safrinha por ser o cultivo de maior risco e menor remuneração, não se pode perder de vista que é a fertilização do sistema que estará sendo alterada, com consequências que transcenderão aquele cultivo.

Dada a acentuada influência das condições climáticas sobre o desenvolvimento e a produtividade, não é possível trabalhar com quantidades fixas de absorção de nutrientes para o milho safrinha.

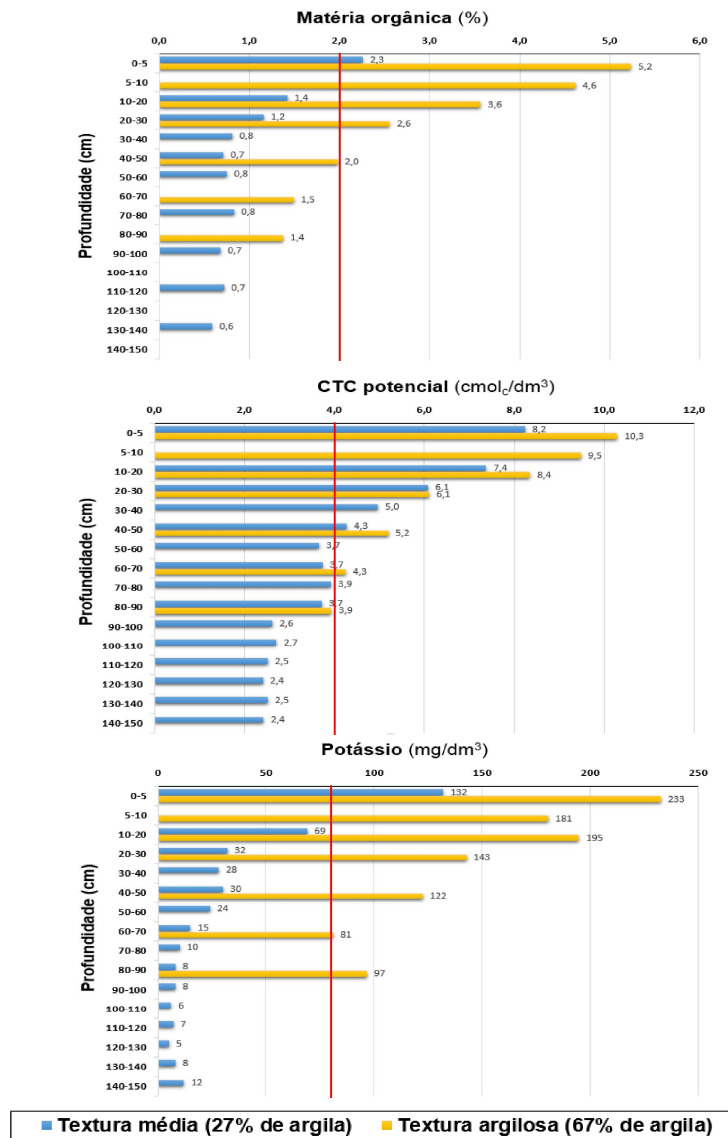


Figura 1. Distintos níveis de matéria orgânica, CTC e potássio trocável no perfil, exemplificando condições muito diferentes quanto à capacidade de estocagem de nutrientes e ao tamponamento de dois solos de cerrado, com textura média e argilosa, utilizados no cultivo de grãos. Fonte: Original dos autores.

Normalmente, a quantidade acumulada na parte aérea durante o cultivo, correspondente à extração do nutriente, será mais elevada quanto maior for o potencial alcançado de produção de biomassa e de grãos. Em se tratando de uma lavoura que por qualquer motivo tenha a expressão de sua carga genética comprometida, as plantas apresentarão menor desenvolvimento e produção de espigas, e, conseqüentemente, a extração de nutrientes também deverá ser menor. Isso dificulta a previsibilidade dos requerimentos nutricionais e o dimensionamento das adubações para diferentes áreas de safrinha (Resende et al., 2018).

Na **Tabela 1** são contrapostos diversos fatores inerentes ao ambiente, à cultura do milho, aos nutrientes e ao manejo do sistema de produção, que conferem maior ou menor probabilidade de sucesso ao se optar pela adubação reduzida no milho safrinha. Quanto maior a convergência de condições favoráveis no diagnóstico de uma determinada lavoura, menor o risco envolvido, proporcionando mais segurança nessa tomada de decisão.

Tabela 1. Chave de identificação de fatores de risco a considerar na avaliação de lavouras, para a tomada de decisão de se reduzir o fornecimento de nutrientes no milho safrinha. Fonte: Original dos autores.

Fator condicionante	Diagnóstico	
	Menor risco	Maior risco
Material de origem e processos de formação do solo	Alta fertilidade natural	Baixa fertilidade natural
Teor de matéria orgânica no solo	Alto	Baixo
Textura do solo	Argilosa	Arenosa
Capacidade de Troca de Cátions - CTC	Elevada	Baixa
Gradiente de fertilidade no perfil	Perfil construído até 20 cm de profundidade ou abaixo	Fertilidade limitante abaixo de 10 cm de profundidade
Acidez em subsuperfície	Ausente	Presente
Compactação	Ausente	Presente
Relevo	Plano ou suave	Declivoso
Processos erosivos	Ausentes ou fracos	Intensos
Propensão à lixiviação	Baixa	Alta
Tempo de cultivo e aplicações anteriores de corretivos e fertilizantes	Área consolidada	Área recém-aberta
Histórico de longo prazo quanto ao preparo do solo	Sistema plantio direto, com muita palhada	Preparo convencional, sem palhada
Histórico de curto prazo quanto às culturas antecessoras	Predominância de leguminosas, créditos de N	Predominância de gramíneas, déficit de N
Histórico de produtividade nos últimos cultivos (de soja e de milho)	Inferior às expectativas diante das adubações realizadas (muito adubo e pouco grão, mais nutrientes residuais)	Superior às expectativas diante das adubações realizadas (pouco adubo e muito grão, menos nutrientes residuais)
Cultivar de milho	Baixo potencial produtivo ou menos exigente em fertilidade	Alto potencial produtivo ou mais exigente em fertilidade
Tipo de cultivo de milho	Solteiro	Consoviado com capim
Finalidade do cultivo de milho	Grão (menor exportação)	Silagem (maior exportação)
Época de semeadura do milho	Após a janela ideal (menor potencial produtivo)	Na janela ideal (maior potencial produtivo)
Condições de umidade no solo no decorrer do ciclo do milho safrinha	Boa umidade no solo (absorção de nutrientes facilitada)	Umidade baixa no solo (absorção de nutrientes dificultada)
Dinâmica do nutriente em questão	Retido no sistema (forte efeito residual)	Propenso a perdas por volatilização, lixiviação, etc (baixo efeito residual)
Manejo da adubação (solubilidade da fonte, aplicação em superfície ou incorporada, etc.)	Facilita disponibilização às raízes	Dificulta disponibilização às raízes

Balanço, Créditos de Nutrientes e Adubação de Sistema

O dimensionamento das adubações em solos de fertilidade construída, com ajustes para mais ou para menos no fornecimento de nutrientes, pode ser feito a partir do cálculo do balanço parcial de nutrientes no sistema de produção, levando em conta as entradas nas adubações das culturas e as saídas via exportação nos grãos colhidos (**Figura 2**). Estimativas de créditos de nutrientes oriundos da decomposição da matéria orgânica (MOS), da ciclagem de palhadas e de resíduos de plantas de cobertura podem ser, eventualmente, contabilizadas no cálculo do balanço. Deve-se observar a conveniência desse procedimento, uma vez que grande parte desses créditos advém da mobilização de “*pools*” de nutrientes do próprio sistema (Kaminski et al., 2010) e não representam efetivamente aportes ou entradas extras. Como o próprio sentido econômico da palavra já indica, fazer uso de um crédito pressupõe sua finalidade temporária, contando com uma posterior devolução na mesma medida ou a mais (Resende et al., 2019). Não há nenhum problema em contar com tais créditos para completar o suprimento de nutrientes a um cultivo, num momento de fragilidade pelo alto custo de fertilizantes ou baixo valor de venda dos grãos, por exemplo. O que não é aconselhável é que esse expediente seja recorrente, com dedução dos créditos nas adubações, safra após safra, o que cedo ou tarde acabará por prejudicar a sustentabilidade do sistema de produção.

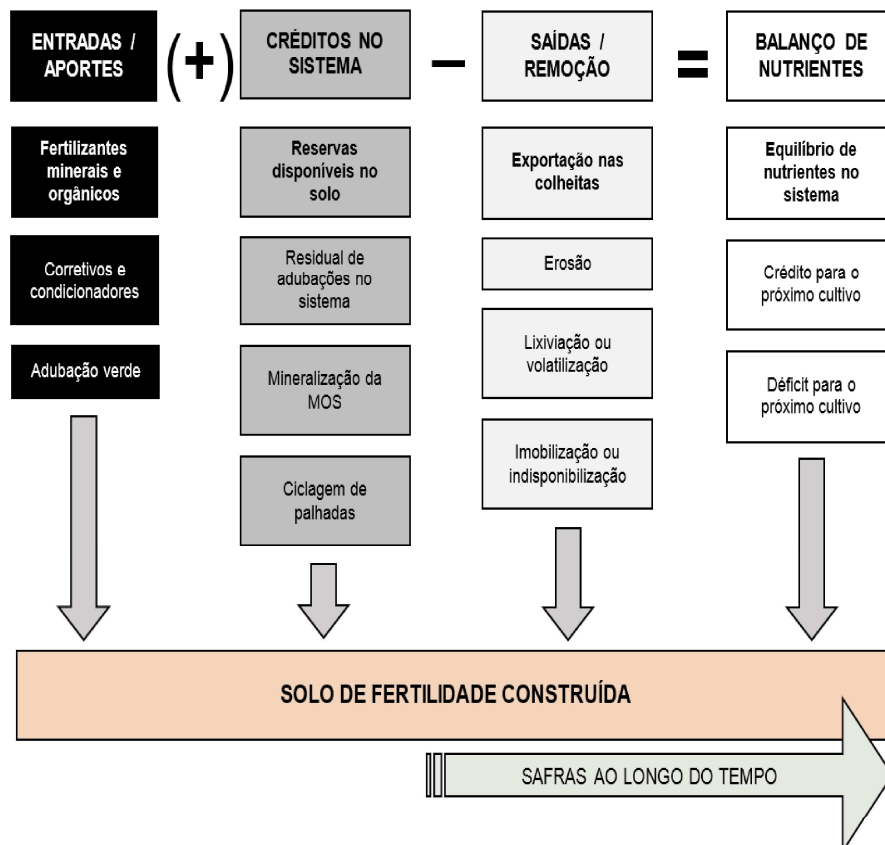


Figura 2. Modelo conceitual para aplicação do balanço de nutrientes no monitoramento nutricional de sistemas de produção de culturas anuais em solos de fertilidade construída. Fonte: Resende et al. (2019).

A partir de registros ou estimativas de entradas, créditos e saídas de nutrientes é possível calcular o balanço (**Figura 2**) e 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 (**Figura 3**). 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 auferida anteriormente.

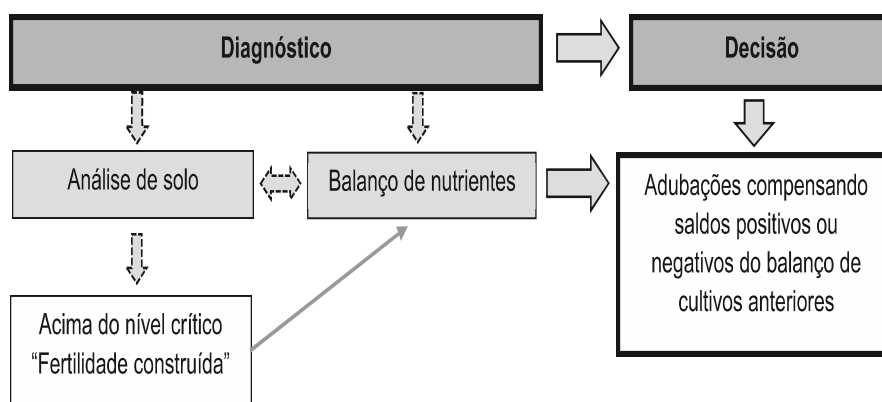


Figura 3. Diagnóstico baseado na análise de solo e no balanço de nutrientes para suporte à tomada de decisão no manejo da adubação em sistemas de produção de culturas anuais. Fonte: Original dos autores.

Manejo da Adubação NPK no Sistema Soja/Milho Safrinha

O gerenciamento inteligente da adubação num sistema de produção deve focar nos fluxos de nutrientes de forma individualizada, pois as taxas de exportação de cada elemento variam intrinsecamente às culturas (**Tabela 2**). Assim, em função da sequência de espécies nos cultivos que se sucedem num talhão e das produtividades obtidas ao longo dos anos, as proporções removidas via exportação não serão as mesmas entre os nutrientes e nem em relação ao que foi aplicado nas adubações. É comum haver sobra ou falta de algum nutriente.

Ademais, o uso continuado de formulações fixas não é garantia de fornecimento equilibrado e tende a provocar descompassos entre o suprimento e a demanda de nutrientes, aumentando a chance de desperdícios e de carências na nutrição das culturas.

Os gastos com fertilizantes na produção de grãos se devem majoritariamente às aplicações de N, P e K. Portanto, o melhor ajuste no posicionamento desses três nutrientes é um ponto chave quando se busca aprimoramentos de manejo visando maior eficiência e rentabilidade das adubações. A estratégia é buscar meios para se certificar de que, a cada adubação realizada, esses nutrientes estão sendo fornecidos precisamente, quando necessário e nas quantidades realmente requeridas naquele determinado momento. Com esse intuito, o cálculo do balanço é um procedimento simples que permite aferir o dimensionamento e detectar oportunidades de ajuste fino das adubações em solos de fertilidade construída.

Tabela 2. Taxas de exportação de nutrientes em cada tonelada colhida de grãos de soja e de milho. Fonte: Adaptado de Tecnologias... (2013), Duarte et al. (2017) e Oliveira Júnior (2019).

Equivalentes de nutrientes exportados					
Soja					
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	S	
..... kg t ⁻¹					
54,0	11,0	22,0	2,0	5,4	
Ca	B	Cu	Fe	Mn	Zn
..... g t ⁻¹					
3000	20	10	70	30	40
Milho					
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	S	
..... kg t ⁻¹					
14,0	6,0	4,5	1,1	1,0	
Ca	B	Cu	Fe	Mn	Zn
..... g t ⁻¹					
100	5	2	15	5	18

A título de exemplo, na **Tabela 3** são parametrizados balanços parciais de N, P e K para o sistema soja/milho safrinha, para um período de dois anos. Procurou-se utilizar indicadores atualizados de taxas de exportação. Como valores de entradas de nutrientes foram consideradas as recomendações oficiais de adubação para as culturas no Cerrado, de acordo com as produtividades esperadas. Os valores de produtividades obtidas foram propositalmente equivalentes às produtividades esperadas. Presumiu-se a inexistência de perdas dos nutrientes aplicados.

O elevado saldo negativo de N se deveu ao balanço para a cultura da soja, no qual a contribuição da fixação biológica de nitrogênio (FBN), de até 250 kg ha⁻¹ de N (Alves et al., 2003), não foi contabilizada como entrada do nutriente. Um aspecto a destacar é

que as recomendações oficiais de adubação não foram coincidentes com um balanço neutro para as produtividades projetadas (Tabela 3). Essa divergência entre as quantidades aplicadas e exportadas é perfeitamente aceitável, haja vista que as taxas de exportação de nutrientes nos grãos modificam-se à medida que são lançadas cultivares mais modernas (Duarte et al., 2017, 2019), ao passo que as tabelas oficiais de recomendação apresentam indicações genéricas para condições médias de uma grande região.

Conquanto se trate de uma simulação, a situação exposta na **Tabela 3** leva à reflexão sobre a necessidade de se acompanhar com mais atenção os fluxos de nutrientes nas lavouras, confrontando o abastecimento e o desempenho produtivo do sistema numa perspectiva temporal. Ao integrar as taxas de exportação e as produtividades que resultam da influência conjunta de todos os fatores atuantes em cada ambiente de cultivo, o cálculo do balanço pode sinalizar quão equilibradas estão as quantidades de fertilizantes utilizadas em relação à demanda (Resende et al., 2019). No exemplo em questão, verifica-se que, em mais longo prazo, a manutenção da produtividade em patamares iguais ou acima de 4 e 8 t ha⁻¹ de soja e de milho safrinha, respectivamente, dependerá de níveis de adubação acima dos indicados nas tabelas oficiais, sob pena de se promover contínua redução nas reservas existentes no solo e de haver perda de potencial produtivo do sistema.

Tabela 3. Balanço parcial de N, P e K no sistema de produção soja/ milho safrinha em solo de fertilidade construída, considerando as recomendações oficiais de adubação para o Cerrado e dois anos agrícolas (A e B). Fonte: Adaptado de Resende et al. (2019).

Dados da análise de solo (0-20 cm)*	MOS	P Mehlich-1	K
	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	
Textura Média-Argilosa (Sousa; Lobato, 2004)	> 30	> 20	> 80
Taxas de exportação	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		kg t ⁻¹	
Soja (Oliveira Júnior, 2019)	54,0	11,0	22,0
Milho (Duarte et al., 2017)	14,0	6,0	4,5
Adubação (doses totais por cultivo)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		kg ha ⁻¹	
Soja A – 4 t ha ⁻¹ (Sousa; Lobato, 2004)	0	40	50
Milho A – 8 t ha ⁻¹ “	100	40	70
Soja B – 4 t ha ⁻¹ “	0	40	50
Milho B – 8 t ha ⁻¹ “	100	40	70
Sistema (total em dois anos agrícolas)	200	160	240
Produtividades obtidas	sc ha ⁻¹	t ha ⁻¹	
Soja A	67	4,0	
Milho A	133	8,0	
Soja B	67	4,0	
Milho B	133	8,0	
Exportação de nutrientes	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		kg ha ⁻¹	
Soja A	217	44	88
Milho A	112	48	36
Soja B	217	44	88
Milho B	112	48	36
Sistema (total em dois anos agrícolas)	658	184	249
Balanço de nutrientes	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		kg ha ⁻¹	
Soja A	-217	-4	-38
Milho A	-12	-8	34
Soja B	-217	-4	-38
Milho B	-12	-8	34
Sistema (resultado de dois anos agrícolas)	-458*	-24	-9

* Assumindo que o solo apresenta condições de “fertilidade construída”. ** Não considerando os créditos da matéria orgânica para o milho, estimados em 12 kg ha⁻¹ de N para cada 1% de MOS (Fontoura; Bayer, 2009) e a contribuição da fixação biológica de N na soja, de até 250 kg ha⁻¹ de N (Alves et al., 2003).

A compatibilização de aspectos de conveniência para maior rendimento operacional e aproveitamento da janela de semeadura, além da busca de viabilidade econômica na safrinha, pode interferir na eficiência técnica da adubação do milho. Por isso, mais recentemente, falhas no manejo nutricional da safrinha vêm sendo percebidas como uma questão sensível, com potencial de impactar negativamente a fertilidade do solo e, por consequência, as outras culturas que compõem o sistema.

Em muitas lavouras, a adubação nitrogenada na safrinha tem ficado aquém do que seria necessário para cobrir a exportação nas colheitas. Esse déficit, associado à elevada relação C/N da palhada de milho, intensifica a depleção de N inorgânico do solo. Tal contexto é aventado como uma das razões que explicariam, por exemplo, a percepção dos produtores de que o algodão cultivado após o milho é prejudicado, apresentando menor produtividade. Mas os impactos de balanços negativos de N no milho safrinha, em longo prazo, ainda não estão devidamente elucidados e quantificados. Em princípio, assume-se que possam culminar em perdas no conteúdo de matéria orgânica, limitando o potencial produtivo e prejudicando a resiliência, a estabilidade e a sustentabilidade global do sistema.

Acrescente-se ainda o fato de que essa fragilidade é acentuada quando, por qualquer motivo, o processo de FBN na soja venha a ser restringido. Não se pode atribuir à FBN a função de fonte majoritária, ou até mesmo exclusiva, para garantir o abastecimento de N ao sistema, sobretudo em situações cada vez mais frequentes de obtenção de elevado rendimento de grãos na cultura da soja (maior exportação de N). Ou seja, a tendência é que se torne mais arriscado considerar os créditos de N da soja como o fiador da nutrição nitrogenada do milho safrinha.

O cenário atual da adubação fosfatada no sistema soja/milho safrinha tem apresentado indicativos de que, em determinadas condições, há oportunidade concreta de otimização, onde certa redução nas aplicações de P levaria a um balanço mais equilibrado, sem minar a produtividade das culturas ou a fertilidade do solo. Assim, em áreas de solos argilosos com alta disponibilidade de P, proporcionada pelo efeito residual das adubações realizadas ao longo de décadas de cultivo, a reserva atual do sistema permite que seja

adotada a adubação de restituição, em que seriam utilizadas doses menores, apenas para compensar as quantidades de P exportadas nos grãos.

Sousa et al. (2016) reportaram níveis de adsorção de P, após sete dias de reação, variando desde menos de 250 até próximo de 1.000 $\mu\text{g g}^{-1}$ em solos de cerrado com amplitude do teor de argila entre 90 e 650 g kg^{-1} , demonstrando que quanto mais argiloso maior a influência do dreno-solo competindo com a planta pelo P adicionado nas adubações. Para um solo cuja constituição granulométrica apresenta 600 g kg^{-1} de argila, o nível crítico de P pelo extrator Mehlich 1 situa-se em torno de 7 mg dm^{-3} . Considerando a condição inicial de fertilidade na abertura de área, é comum solos com essa textura apresentarem disponibilidade natural de P ao redor de 1 mg dm^{-3} . Para elevar a disponibilidade até o nível crítico, a necessidade de adubação fosfatada corretiva corresponde a cerca de 220 kg ha^{-1} de P_2O_5 , segundo o modelo de estimativa proposto por aqueles autores levando em conta a capacidade tampão dos solos de cerrado.

Para ilustrar a magnitude do efeito residual cumulativo que constitui o legado de fósforo em solos agrícolas (Withers et al., 2018), apresenta-se a seguir uma condição simulada, na qual tenha sido aplicada a dose de fosfatagem corretiva inicial (220 kg ha^{-1} de P_2O_5), mais aportes anuais de 90 kg ha^{-1} de P_2O_5 como adubação de manutenção, no decorrer de vinte anos de cultivo soja/milho safrinha. Esse manejo contabilizaria uma adição total de 2.020 kg de P_2O_5 por hectare. Considerando as produtividades médias dessas culturas na região Centro-Oeste ao longo dos últimos vinte anos (Conab, 2019) e as taxas atuais de exportação de P nos grãos de soja (Oliveira Júnior, 2019) e de milho (Duarte et al., 2017), nesse período teria sido removido o equivalente a 653,1 e 513,4 kg ha^{-1} de P_2O_5 nas colheitas de soja e de milho safrinha, respectivamente. O balanço final de adições e remoções corresponderia, portanto, a um saldo positivo próximo de 853 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Conclui-se, assim, que o manejo da adubação fosfatada praticado até então nos solos brasileiros tende a gerar excedentes significativos, promovendo certa saturação dos constituintes da matriz do solo responsáveis pelo processo de fixação de P. No exemplo em questão, a magnitude do legado de P após vinte anos de uso agrícola já cobre boa parte da capacidade de

adsorção de P do solo.

Na situação exemplificada, a análise de rotina de amostras do solo certamente o enquadraria na condição de fertilidade construída, com valor de disponibilidade de P acima do nível crítico, interpretado como alto ou muito alto, implicando em baixa probabilidade de resposta à adubação fosfatada. De fato, esse contexto explica o caso de lavouras em que a redução ou mesmo omissão do fornecimento de P num cultivo não resulta em perda de produtividade (Lacerda et al., 2015). Nos ambientes de safrinha, diagnósticos adequados permitem identificar circunstâncias em que é possível um redimensionamento seguro, aproveitando as oportunidades de se trabalhar com redução da adubação fosfatada, para promover maior eficiência no uso de fertilizante e ganhos de rentabilidade.

Dentre os macronutrientes primários, o K é o que apresenta dinâmica mais simples nos solos tropicais, com elevado potencial de ciclagem. A lixiviação é a única forma de perda no perfil do solo e o cloreto de potássio é a fonte largamente utilizada pelos produtores de grãos. Os índices de eficiência da adubação potássica são normalmente elevados, muitas vezes aproximando-se de 100% de aproveitamento pelas culturas. Talvez por isso, o manejo do K costuma ser relegado a um segundo plano nos programas de adubação. Nos últimos anos, entretanto, casos de suprimento deficitário desse nutriente no sistema soja/milho safrinha têm chamado a atenção.

Um dos principais fatores associados a déficits de K diz respeito ao aumento do potencial produtivo e, conseqüentemente, da intensidade de remoção nas colheitas de soja (Oliveira Júnior et al., 2013). Uma conjuntura mais preocupante surge quando lavouras de milho safrinha são destinadas ao forrageamento animal direto ou à produção de silagem, com corte e retirada das plantas inteiras. Nesses casos, a exportação de K é extremada, incluindo grandes quantidades do nutriente contidas no colmo e folhas do milho (Resende et al., 2016). Condições de reposição insuficiente são agravadas pela limitada capacidade de estocagem de K em determinados tipos de solo e por variáveis climáticas (ex: solos arenosos; solos argilosos de regiões com elevados índices pluviométricos), exigindo mais dedicação em corrigir a disponibilidade no solo e calcular periodicamente o balanço de K, visando manter o sistema de produção abastecido por

adubações dimensionadas criteriosamente.

Considerações Finais

O uso eficiente de nutrientes na produção de *commodities* é uma necessidade na agricultura brasileira, tendo em vista os aspectos de disponibilidade restrita de fontes para a obtenção de fertilizantes no País, de elevação dos custos de condução das lavouras e de exigências de mínimo impacto ambiental no processo produtivo.

Neste cenário, o gerenciamento da fertilidade dos solos agrícolas precisa evoluir com a aplicação de novos conhecimentos e técnicas que permitam realizar adubações mais precisas, de acordo com a variação nos requerimentos de cada talhão de cultivo ao longo do tempo, e de preferência com base em indicadores levantados localmente. Os esforços nesse sentido devem incluir, pelo menos, a conjugação de informações mais frequentes de análise de solo e do balanço de nutrientes nas lavouras.

São consistentes os indicativos de que há espaço para otimizar o suprimento de P no sistema soja/milho safrinha, com possibilidade de redução na adubação fosfatada em determinadas circunstâncias. O mesmo não pode ser dito em relação ao N e K, que com frequência têm sido fornecidos em quantidades insatisfatórias para atender à demanda nutricional para altas produtividades.

O milho safrinha é um importante aliado para a sustentabilidade dos sistemas de produção e tem-se mostrado indispensável no plantio direto. Todavia, sem um manejo nutricional apropriado, pode impactar negativamente a fertilidade do solo e, por consequência, as demais culturas do sistema.

Um manejo mais racional deve seguir premissas que assegurem a preservação das condições de fertilidade do solo e do potencial produtivo do ambiente de cultivo, sobretudo quando se almeja aumento no rendimento das culturas exploradas.

Agradecimentos

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

Referências

ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. The success of BNF in soybean in Brazil. **Plant and Soil**, v. 252, n. 1, p.1-9, 2003.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Grãos: série histórica**. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/index.php/safra-serie-historica-dashboard>>. Acesso em: 19 ago. 2019.

DUARTE, A. P.; CANTARELLA, H.; KAPPES, C. Adubação de sistemas produtivos: milho safrinha e soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL [DE] MILHO SAFRINHA, 14., 2017, Cuiabá. **Construindo sistemas de produção sustentáveis e rentáveis**: livro de palestras. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2017. p. 86-106. Disponível em: <http://snms2017.fundacaomt.com.br/assets/files/XIVSNMS2017_LivroPalestras.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2019.

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. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832019000100517&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 7 jun. 2019.

FONTOURA, S. M. V.; BAYER, C. Adubação nitrogenada para alto rendimento de milho em plantio direto na região centro-sul do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 6, p. 1721-1732, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832009000600021&lng=en&nrm=iso>. Acesso

em: 7 jun. 2019.

KAMINSKI, J.; MOTERLE, D. F.; RHEINHEIMER, D. S.; GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G. Potassium availability in a Hapludalf soil under long term fertilization. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 3, p. 783-791, 2010.

LACERDA, J. J. J.; RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; HICKMANN, C.; CONCEIÇÃO, O. P. Adubação, produtividade e rentabilidade da rotação entre soja e milho em solo com fertilidade construída. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 9, p. 769-778, 2015.

OLIVEIRA JÚNIOR, A. Potássio: um urgente problema do manejo nutricional das culturas. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA, 37., 2019, Londrina. **Palestras...** Londrina: Embrapa Soja, 2019. Disponível em: <<https://www.rps2019.com.br/programacao/palestras>>. Acesso em: 26 ago. 2019.

OLIVEIRA JÚNIOR, A.; CASTRO, C. de; OLIVEIRA, F. A. de; JORDÃO, L. T. Adubação potássica da soja: cuidados no balanço de nutrientes. **Informações Agrônomicas**, n. 143, p. 3-10, 2013.

RESENDE, A. V.; BORGHI, E.; GONTIJO NETO, M. M.; ABREU, S. C.; SANTOS, F. C.; COELHO, A. M. Manejo de nutrientes no cultivo de milho segunda safra na região do Cerrado. **Revista Plantio Direto e Tecnologia Agrícola**, v. 28, n. 166, p. 19-29, 2018.

RESENDE, A. V.; BORGHI, E.; GONTIJO NETO, M. M.; FONTOURA, S. M. V.; BORIN, A. L. D. C.; OLIVEIRA JÚNIOR, 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, 2019.

RESENDE, A. V. de; GUTIÉRREZ, A. M.; SILVA, C. G. M.; ALMEIDA, G. O.; GUIMARÃES, P. E. de O.; MOREIRA, S. G.; GONTIJO NETO, M. M. **Requerimentos nutricionais do milho para a produção de**