

Adubação

Consórcio milho e braquiária e o balanço do nitrogênio

Rodrigo Estevam M. de Almeida e José Laércio Favarin*



RODRIGO ESTEVAM MUNHOZ DE ALMEIDA

Colheita de milho com braquiária no oeste baiano, São Desidério, BA; 2008

Um dos principais objetivos do consórcio milho e braquiária é a produção de forrageira – para a entressafra – e de palhada – em quantidade e qualidade, para o Sistema Plantio Direto (SPD). Esse consórcio é vantajoso por não alterar o cronograma de atividades da propriedade, por apresentar baixo custo e por não exigir equipamentos especiais em sua implantação. Para Kluthcouski e Aidar (2003), a competição entre plantas de milho e braquiária, em geral, não reduz significativamente o rendimento de milho. Em alguns locais, observou-se, inclusive, uma tendência de aumento da produção devido, provavelmente, a não aplicação de herbicida gramínico, em pós-emergência na dose

recomendada, reduzindo-se possíveis efeitos fitotóxicos ao milho.

Para o sucesso do consórcio, alguns procedimentos devem ser atendidos, como a correção da fertilidade do solo (para o desenvolvimento da cultura), o controle eficiente das pragas (em especial, da lagarta do cartucho) e a semeadura na época de menor risco de estiagem (caso contrário, a competição entre as espécies poderá ser potencializada). O consórcio é estabelecido anualmente, podendo ser implantado anterior ou simultaneamente à semeadura do milho, ou ainda em pós-emergência dessa cultura. No caso da semeadura simultânea, a braquiária é implantada na entrelinha do milho (Figura 1), utilizando um “carrinho” da semeadora com sementes de braquiária, que será semeada nas entrelinhas da cultura. Nesse caso, as sementes estarão praticamente na mesma profundidade, podendo ser necessário uma aplicação de subdose de gramínicida, para retardar o crescimento da braquiária e, assim, garantir a vantagem competitiva do milho em relação à forrageira (Figura 2).

Em regiões com outono e inverno quentes e secos, com cinco a sete meses de estiagem, é impossível o cultivo de “safrinha” ou mesmo a implantação de culturas com o intuito de produção de palha para o plantio direto. O consórcio milho-braquiária é uma opção para se conseguir grande quantidade de material vegetal para o referido sistema, visando à semeadura da safra seguinte – sem prejuízos à cultura principal (Figuras 3 e 4). Isso porque o plantio das duas espécies é feito na estação chuvosa e, principalmente, em razão de a braquiária permanecer vegetando durante a seca.

ADUBAÇÃO NITROGENADA

A dinâmica do nitrogênio é complexa, graças a suas múltiplas transformações, caracterizadas por sete estados de oxidação, e em razão da mobilidade do nutriente no sistema solo × planta. Os fertilizantes nitrogenados, aplicados no solo, passam por uma série de processos físicos, quí-

micos e microbiológicos, que podem resultar em perdas por erosão, volatilização, nitrificação, lixiviação, imobilização, mineralização e desnitrificação. O teor de N total nos primeiros 20 cm dos solos varia, normalmente, entre 0,05% e 0,5% de N, o que equivale a 1.000 e 10.000 kg ha⁻¹ de N. O compartimento solo não é o principal estoque do elemento da biosfera, mas desempenha um papel primordial, porque a maior parte do nutriente assimilado pelas plantas é proveniente dos reservatórios de N-inorgânico contido no solo, na forma de amônio (NH₄⁺) e de nitrato (NO₃⁻), a partir da mineralização da matéria orgânica (Hart et al., 1994). Portanto, é fundamental conhecer os fatores que influenciam a mineralização da matéria orgânica para que seja possível prever a disponibilidade desse nutriente no sistema de produção.

A mineralização consiste na conversão do N orgânico em N mineral (NH₄⁺ e NO₃⁻), por microrganismos quimiorganotróficos. Nos agroecossistemas, esse processo é influenciado pelas condições edafoclimáticas, em que temperatura, umidade, relação C/N dos resíduos vegetais, textura do solo, pH e tipo de argila são os principais fatores que o controlam. A imobilização é o fenômeno oposto à mineralização e representa a passagem do N na forma mineral – oriundo dos fertilizantes – para a forma orgânica. Na presença de resíduos vegetais, com relação C/N superior a 30, reduz-se drasticamente o teor de N mineral disponível às plantas no solo. A imobilização não representa uma perda irreversível de N para a cultura subsequente, pois a população microbiana não cresce indefinidamente, e, assim, há progressiva liberação desse nutriente quando o carbono facilmente oxidável começa a desaparecer do solo (Victória et al., 1992; Lopes et al., 2004).

A elevada atividade microbiana em solos não revolvidos e com resíduos vegetais mantidos na superfície em plantio direto promove alteração na dinâmica e na transformação das formas de N no solo (Amado et al., 2002). Na fase inicial

do plantio direto, observa-se a necessidade de aplicação de maiores quantidades de N, devido à intensificação do processo de imobilização pelos microrganismos quimiorganotróficos em resposta à maior oferta de carbono orgânico, principalmente quando se trata de palha de milho e braquiária formada em consórcio. Por outro lado, essa “competição” por N entre microrganismos e plantas cultivadas diminui o risco de lixiviação do N mineral, mesmo em solos de textura média e arenosa de baixa capacidade de troca de cátions do solo (CTC).

A volatilização é uma forma de perda gasosa de N (NH₃), condicionada por fatores como temperatura, umidade e textura do solo, vento e umidade relativa do ar, resíduos vegetais, teor de matéria orgânica e da urease presentes no solo. A perda de N por volatilização em plantio direto é favorecida, em especial quando a ureia é aplicada sobre os resíduos vegetais. No entanto, a incorporação do fertilizante em 5 a 7 cm reduz drasticamente as perdas, sem diferenças entre as fontes de N no plantio direto e no plantio convencional (Lara Cabezas et al., 1997; Silva et al., 1997).

A desnitrificação também é uma forma de perda gasosa de N, porém na forma de N₂ e N₂O, promovida, principalmente, por bactérias anaeróbicas, as quais, em ambientes com menor quantidade de oxigênio – como após chuvas prolongadas ou quando há presença de resíduos –, usam o nitrato como receptor de elétrons (Victória et al., 1992; Camargo; Sá, 2004). No plantio direto, tem-se especulado que a maior perda de N por desnitrificação ocorre em virtude do surgimento de microrganismos anaeróbicos, em função de maior retenção de umidade, adensamento pela acomodação natural das partículas do solo ou pela compactação proporcionada pelo trânsito de máquinas.

Os pesquisadores investigam um método que possa relacionar os parâmetros da análise de solo com a recomendação da dose de N, frequentemente, sem muito êxito. Em alguns estados do país, a dose

FIGURA 1 | SEMEADURA DO CONSÓRCIO MILHO E *BRACHIARIA RUZIZIENSIS*, EM SISTEMA DE SEMEADURA SIMULTÂNEA*



*O milho está espaçado a 0,76 m e, no centro de cada duas linhas de milho, posiciona-se uma linha de braquiária

FIGURA 2 | CONSÓRCIO MILHO E *BRACHIARIA RUZIZIENSIS*, NO MOMENTO DA APLICAÇÃO DA SUBDOSE DO GRAMINICIDA



de N é recomendada com base no teor de matéria orgânica, no histórico da área, na produtividade esperada, no preço do fertilizante nitrogenado (Raij et al., 1996; Sousa; Lobato, 2004), bem como em relação à cultura antecessora (gramínea ou leguminosa).

Na região do cerrado, esse fato é ainda mais relevante, devido à ocorrência de estiagem na época das chuvas – os veranicos. A falta de precipitação no período das águas afeta a disponibilidade de N, pois a mineralização depende significativamente da umidade do solo (Pilbeam; Warren,

1995), variável no mesmo ano agrícola e entre as safras. Esses autores verificaram que nos primeiros 20 cm em solos com 21% de argila e 1,0% de matéria orgânica a taxa de mineralização de N foi inferior a $0,5 \text{ mg kg}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ para um teor de água igual a 15%, o qual aumentou para $2,1 \text{ mg kg}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ quando o teor de água era de 20%. Com base nesses dados, pode-se estimar a oferta de nitrogênio pela variação da umidade: em solo com densidade igual a $1,0 \text{ g L}^{-1}$ há oferta de 1,5 a $6,0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de nitrogênio.

Nas condições brasileiras, várias pesquisas demonstraram que, apesar de as exigências de N na fase inicial de desenvolvimento da maioria das culturas serem relativamente pequenas, houve respostas em produtividade com a aplicação de maiores doses de N na semeadura ou em pré-semeadura na cultura de milho (Sá, 1996; Silva et al., 1997; Gomes et al., 2007; Souza et al., 2001; Casagrande; Fornasieri Filho, 2002). Uma das explicações para esse fato pode ser dada pelo crescimento radicular (Drew, 1975), pela definição do potencial de formação de grãos da cultura nos estágios iniciais de desenvolvimento (V4 para milho) e para atenuar a “competição” inicial por N entre microrganismos e as plantas cultivadas (imobilização), potencializada no plantio direto.

ESTUDO DE CASO

O balanço do N no sistema solo × planta foi avaliado em estudo com aplicação de 150 kg ha^{-1} de N, na forma de ureia, exclusivamente na semeadura, em sulco lateral a 10,0 cm da linha de semeadura e a 8,0 cm de profundidade, na Fazenda Acalanto em São Desidério, no oeste da Bahia. O solo da área de pesquisa tem 14% de argila nos primeiros 20 cm e 1,4% de matéria orgânica (Almeida, 2008). De acordo com o autor, não houve diferença em relação à perda de N do sistema – estimado por meio do balanço de ^{15}N – entre o cultivo de milho solteiro e consorciado com braquiária (Tabela 1). No cultivo de milho solteiro, a planta recuperou $97,2 \text{ kg ha}^{-1}$ do total fornecido (150 kg ha^{-1}), o que

FIGURA 3 | FORMAÇÃO DE PALHA DE MILHO E DE BRAQUIÁRIA PROVENIENTE DO CONSÓRCIO



RODRIGO ESTEVAM MUNHOZ DE ALMEIDA

TABELA 1 | BALANÇO DE ¹⁵N NO SISTEMA SOLO × PLANTA, EM CULTIVO DE MILHO SOLTEIRO (MS) E EM CONSÓRCIO COM BRAQUIÁRIA (MB), ATÉ 120 CM DE PROFUNDIDADE

Compartimentos	MS kg ha ⁻¹	MB kg ha ⁻¹	MS %	MB %
Grãos	59,5	53,8	39,7	35,9
Resíduos PA**	35,3	31,9	23,5	21,3
Raízes 0 a 60 cm	2,4	4,8	1,6	3,2
Planta inteira	97,2	90,5	64,8	60,4
Braquiária	-	2,1	-	1,4
Solo 00 a 60	20,6	24,2	13,7	16,1
Solo 60 a 100	4,9	11,2	3,3	7,5
Solo 100 a 120: ¹⁵ N lixiviado	1,1	2,3	0,8	1,5
Não recuperado*	26,2	19,7	17,6	13,1
Total	150,0	150,0	100,0	100,0

* Erros metodológicos, analíticos e outras perdas não avaliadas como volatilização, desnitrificação e via foliar de NH₃.

** Resíduos da Parte Aérea = colmo + folhas + inflorescência + brácteas + sabugo

Fonte: Almeida, 2008

representa 64,8%, distribuídos nas diversas partes da planta, e 1,6% nas raízes coletadas até 60 cm (Tabela 1).

No cultivo milho e braquiária, a planta de milho recuperou 90,5 kg ha⁻¹ do nitrogênio aplicado, ou 60,4%, percentual que foi determinado nos grãos (35,9%), nos resíduos da parte aérea (21,3%) e nas raízes, até 60 cm de profundidade (3,2%). No plantio em consórcio (milho e braquiária), a *Brachiaria ruziziensis* recuperou apenas 2,1 kg ha⁻¹ na parte aérea,

ou 1,4% do total de nitrogênio fornecido às plantas consorciadas, enquanto no compartimento solo foi recuperado no milho solteiro 20,6 kg ha⁻¹ (0 a 60 cm) e 24,2 kg ha⁻¹ do total de N aplicado (150 kg ha⁻¹), no cultivo milho e braquiária. Por fim, a perda de N por lixiviação, admitida como aquela que ocorre entre 100 a 120 cm, foi igual a 1,1 kg ha⁻¹ (0,7%) e 2,3 kg ha⁻¹ (1,5%), no milho solteiro e em consórcio com a forrageira (Tabela 1). Dessa forma, recuperou-se no sistema solo × planta

82,4% e 86,9% do nitrogênio fornecido como fertilizante, exclusivamente na semeadura, em milho solteiro e consorciado com braquiária, respectivamente.

A adubação com 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio na semeadura do milho não potencializou as perdas de N no sistema solo × planta, obtendo-se uma eficiência no uso do fertilizante nitrogenado (EUFN) superior aos resultados publicados sobre o assunto, assim como a braquiária consorciada com milho absorveu 1,4% do ¹⁵N do fertilizante aplicado (ureia), sem prejuízo para a EUFN pelo milho consorciado com a forrageira. O ¹⁵N não recuperado no sistema solo-planta foi de 17,6% no milho solteiro e 13,1% para o milho e braquiária, enquanto as perdas por lixiviação foram muito pequenas, iguais a 1,1 kg ha⁻¹ no milho solteiro e a 2,3 kg ha⁻¹ no consórcio milho com braquiária, do total de 150 kg ha⁻¹ aplicado na semeadura.

DOSE ESTIMADA

Para fins de cálculo da adubação nitrogenada em milho, basta considerar que são produzidas, em média, 90g de proteínas por kg de grãos, e que na proteína tem-se, aproximadamente, 160g de N por kg de proteínas. Assim, a estimativa da dose de N pode ser feita com base na expressão abaixo:


$$DN = PG \times 0,09 \times 0,16$$

Sendo que: DN corresponde à dose de N estimada para atender a exportação pelos grãos de milho (kg ha⁻¹); PG à produtividade de grãos de milho, base em matéria seca, (kg ha⁻¹); o fator 0,09 corresponde ao teor médio de proteínas nos grãos (0,09 kg kg⁻¹ de grãos) (Bewley; Black, 1985) e o fator 0,16 à quantidade média de N nas proteínas (0,16 kg kg⁻¹ proteína) (Passos, 1996).

Com base nesse contexto, a partir da produtividade esperada, pode-se calcular a adubação nitrogenada relativa à exportação pelos grãos, o que serve como uma ferramenta auxiliar

FIGURA 4 | SEMEADURA DE ALGODÃO SOBRE PALHA DE MILHO E DE *BRACHIARIA RUZIZIENSIS* ORIUNDA DO CONSÓRCIO ENTRE AMBAS



nos programas de nutrição da cultura de milho. Visando ao cálculo da adubação de extração e de exportação de nitrogênio (NT), deve ser considerada a somatória entre a quantidade de N exportada pelos grãos ($DN = PG \times 0,09 \times 0,16$) e a quantidade de N contida na parte aérea. Para tanto, considerando que os grãos contêm, em média, 62% de todo nitrogênio da planta (NT) (Almeida, 2008), a quantidade de NT pode ser estimada pela expressão $NT = 1,62 \times DN$. Ressalta-se que a adubação, com base na extração e na exportação, deve considerar o N fornecido pelo solo (NS), o qual, nessa pesquisa desenvolvida em solo arenoso nas condições climáticas do oeste baiano, foi de 57% de todo o N contido na planta de milho, ou 120 kg ha^{-1} de N (Almeida, 2008). Portanto, a dose de N demandada para a adubação do milho, com vistas à extração e à exportação de N (DT), pode ser auferida pela expressão: $DT = NT - NS$. 

* **Rodrigo Estevam M. de Almeida** é engenheiro agrônomo, mestre em Fitotecnia pela USP/ESALQ (rodrigotxarti@yahoo.com.br) e **José Laércio Favarin** é professor associado do Departamento de Produção Vegetal da USP/ESALQ (jlhavari@esalq.usp.br).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R. E. M. *Balanço de ¹⁵N em sistemas de produção de milho para adoção do plantio direto no oeste baiano*. 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- AMADO, T. J. C.; MILNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 26, p. 241-248, 2002.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. *Seeds: physiology of development and germination*. New York: Plenum Press, 1985.
- CAMARGO, F. A. O.; SÁ, E. L. S. Nitrogênio e adubos nitrogenados. In: BISSANI, C. A.; GIANELO, C.; TEDESCO; MARINO, J.; CAMARGO, F. A. O. *Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas*. Porto Alegre: Gênese, 2004. p. 93-116.
- CASAGRANDE, J. R. R.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 37, n. 1, p. 33-40, jan. 2002.
- DREW, M. C. Comparison of the effects of a localized supply of phosphate, nitrate, ammonium and potassium on the growth of the root system, and the shoot in barley. *New Phytologist*, Sheffield, v. 75, n. 3, p. 479-490, 1975.
- GOMES, R. F.; SILVA, A. G.; ASSIS, R. L.; PIRES, F. R. Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agrônomicos da cultura do milho sob plantio direto. *Revista*

- Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 931-938, 2007.
- HART, S. C.; STARK, J. M.; DAVIDSON, E. A.; FIRES-TONE, M. K. Nitrogen mineralization immobilization and nitrification. In: BIGHAM, J. M. (Ed.). *Methods of analysis: Part 2 Microbiological and biochemical properties*. Madison: SSSA, 1994. p. 985-1017.
- KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Uso da integração lavoura-pecuária na recuperação de pastagens degradadas. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. *Integração lavoura pecuária*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 185-223.
- LARA CABEZAS, W. A. R.; KORNODÓRF, G. H.; MOTTA, S. A. Volatilização de $N-NH_3$ na cultura de milho: II Avaliação de fontes sólidas e fluidas em sistema de plantio direto e convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 21, p. 481-487, 1997.
- LOPES, S. A.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. *Sistema Plantio Direto: bases para o manejo da fertilidade do solo*. São Paulo: ANDA, 2004.
- PASSOS, L. P. *Métodos analíticos e laboratoriais em fisiologia vegetal*. Coronel Pacheco: EMBRAPA, CNPGL, 1996.
- PILBEAM, C. J.; WARREN, G. P. Use of ¹⁵N for fertilizer N recovery and mineralization studies in semi-arid Kenya. *Fertilizer Research*, Amsterdam, v. 42, p. 123-128, 1995.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. *Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. (Boletim técnico 100.)
- SÁ, J. C. M. *Manejo de nitrogênio na cultura de milho no sistema plantio direto*. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996.
- SILVA, E. C.; FERREIRA, S. M.; SILVA, G. P.; ASSIS, R. L. Efeito da época e forma de aplicação da adubação nitrogenada na cultura do milho no sistema de plantio direto no cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Rio de Janeiro. *Resumos...* Rio de Janeiro: SBSC, 1997. p. 270.
- SOUZA A. C.; CARVALHO, J. G.; PINHO, R. G. V.; CARVALHO, M. L. M. Parcelamento e época de aplicação de nitrogênio e seus efeitos em características agrônomicas do milho. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 25, n. 2, p. 321-329, 2001.
- SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. *Cerrado: correção do solo e adubação*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.
- VICTÓRIA, R. L.; PICCOLO, M. C.; VARGAS, A. A. T. O ciclo do nitrogênio. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. *Microbiologia do solo*. Campinas: SBSC, 1992. p. 105-119.