

EFICIÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO DE NITROGÊNIO APLICADO EM COBERTURA NA CULTURA DE MILHO CONSORCIADA COM *BRACHIARIA RUZIZIENSIS*, CULTIVADA NO SISTEMA SANTA FÉ

WALDO ALEJANDRO RUBÉN LARA-CABEZAS ^(2*); RODRIGO VIEIRA DE PÁDUA ⁽³⁾

RESUMO

No sistema Integração Lavoura Pecuária (ILP), com opção pelo sistema Santa Fé - milho em consórcio com a *Brachiaria ruziziensis*, Germain & Edvard, são viabilizadas a produção de grãos e a forrageira com a finalidade de cobertura de solo e ou pastejo na entressafra no sistema plantio direto (SPD). Foi desenvolvido um experimento na Fazenda Canadá, município de Uberlândia, MG, em Latossolo Vermelho distrófico, de textura média (218 g kg⁻¹ de argila), no sistema Santa Fé objetivando-se: a) quantificar a eficiência e distribuição de N-aplicado em cobertura na cultura de milho e de *B. ruziziensis*; b) quantificar o teor de S-SO₄²⁻ distribuído no perfil de solo após a aplicação de N em cobertura e c) produção da massa de matéria seca (MMS) da *B. ruziziensis* na colheita do milho e aos 55 dias após. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com oito tratamentos dispostos em faixas, com 100 m de comprimento e 4,5 m de largura, com quatro repetições. Os tratamentos foram: milho solteiro e consorciado sem N em cobertura, milho solteiro e consorciado com mistura de uréia e sulfato de amônio, relação 1:1 em nutriente, milho solteiro e consorciado com uréia em cobertura e milho solteiro e consorciado com sulfato de amônio em cobertura. Foram efetuadas duas coberturas de N, utilizando-se fontes marcadas com ¹⁵N, em estádios de dois a três folhas e cinco a seis folhas, aplicando-se a lanço, na entrelinha e incorporada no meio das entrelinhas, respectivamente, 40 e 64 kg ha⁻¹ de N. A *B. ruziziensis* foi semeada em dose de 12 kg ha⁻¹ em uma única fileira, na entrelinha, no estádio de cinco a seis folhas, e simultaneamente à segunda cobertura nitrogenada. Conforme os resultados, aos 23 dias após a segunda cobertura, na camada de 20 até 60 cm, as concentrações decrescentes de S-SO₄²⁻ no solo foram para sulfato de amônio > uréia + sulfato de amônio > uréia = testemunha, nos tratamentos de milho solteiro. A eficiência média do N-fertilizante no estádio de duas a três folhas foi de 45,0% do N-aplicado, independentemente da fonte aplicada. Na segunda cobertura foi, em média de 60,7%, independentemente do manejo e das fontes aplicadas, com destaque para o tratamento com sulfato de amônio (73,7% em média). Em ambas as culturas e, até a colheita de milho, foram assimilados 54,5 kg ha⁻¹ do N-aplicado em cobertura, sendo 97,1% e 2,9% distribuídos na parte aérea no milho e *B. ruziziensis*, respectivamente. Não houve diferença de produtividade, exceto em relação às testemunhas. Na *B. ruziziensis* constatou-se acréscimo médio na MMS de 61,9% aos 55 dias após a colheita de milho. Pode-se concluir que, com a *B. ruziziensis*, não foi afetada a eficiência de N-aplicado e que, com sulfato de amônio seguido da mistura uréia + sulfato de amônio, houve mais contribuição para recuperação de N-fertilizante pelo milho. Grande proporção do N-fertilizante assimilado pelas culturas foi recuperada pelo milho.

Palavra-chave: consórcio milho e *B. ruziziensis*, isótopo ¹⁵N, cobertura de solo, forragem, entressafra.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 24 de outubro de 2005 e aceito em 6 de novembro de 2006.

⁽²⁾ Pólo Regional Noroeste Paulista - Votuporanga, DDD/APTA/SAA. Caixa Postal 61, 15500-000 Votuporanga (SP). E-mail: waldolar@aptaregional.sp.gov.br (*autor correspondente)

⁽³⁾ Bunge Fertilizantes SA, Rua C, n° 19, sala 1, 3.º andar, Sudeste Goiânia, GO. E-mail: rodrigo.paiva@bunge.com

ABSTRACT

EFFICIENCY AND DISTRIBUTION OF NITROGEN APPLIED ON SIDE-DRESSING IN CORN INTERCROPPED WITH *BRACHIARIA RUZIZIENSIS*, CULTIVATED IN SANTA FÉ SYSTEM

Within the system of Integrated Cattle Farming, corn intercropping with *Brachiaria ruziziensis*, Germann & Edvard, the option called Santa Fé system, allow for the production of grains and the production of forage during the dry season, with the purpose of covering the soil and/or food production for cattle. An experiment was carried out at Fazenda Canadá, Uberlândia, Minas Gerais State, Brazil, in a soil of medium texture (218 g kg⁻¹ of clay), in Santa Fé system with the objectives of: a) to quantify the efficiency of using the N-applied in side-dressing on corn and *B. ruziziensis*; b) to quantify the SO₄²⁻-S content distributed on soil profile after the application of N side-dressing and c) dry matter of *B. ruziziensis* at harvest of corn and 55 days after. An entirely random design was established, with eight treatments with four replications. The treatments were: single corn crop and intercropped with *B. ruziziensis* without N-applied (controls), single corn crop and intercropped one with urea mixture and ammonium sulphate, at a ratio of 1:1 in nutrient, single corn crop and intercropped with urea and single corn crop and intercropped with ammonium sulphate. Two N-sidedress applications were made, using sources labelled with ¹⁵N, in stages from two to three leaves and five to six leaves, applied between rows and incorporated between rows, respectively, using 40 and 64 kg ha⁻¹ of N. The *B. ruziziensis* was sown at a quantity of 12 kg ha⁻¹ in a single line in the middle of the corn rows, at the stage of five to six leaves. Twenty three days after the second N-sidedressing, the decreasing concentrations of SO₄²⁻-S in the 20 to 60 cm layer of soil profile went to ammonium sulphate > urea + ammonium sulphate > urea = controls, at the treatments of single corn crop. The average efficiency of N-fertilizer at two to three leaves stage was 45.0% of the N-applied. The average efficiency of N-applied at second stage was 60.7%, the treatment with ammonium sulphate distinguishing itself (73.7 % on average). Up to corn harvest, both cultures assimilated 54.5 kg ha⁻¹ of the N-applied, 97.1 and 2.9% being distributed to the aerial parts of the corn and *B. ruziziensis*, respectively. There was no grain productivity difference, except in relation to the controls. The *B. ruziziensis* showed an increasing average of 61.9% dry matter, 55 days after corn harvest. For the purpose of this study, it can be concluded that *B. ruziziensis* did not affect the efficiency of the N-applied and that ammonium sulphate followed by the mixture of urea + ammonium sulphate contributed to a greater recovery of N-fertilizer by corn plant. High proportion of N-fertilizer assimilated for both cultures was recovery by corn.

Key words: intercropping corn - *B. ruziziensis*, ¹⁵N isotope, cover crops, forage, out-of season.

1. INTRODUÇÃO

O sistema Santa Fé, opção Integração Lavoura Pecuária (ILP) no Sistema Plantio Direto (SPD), foi desenvolvido na Fazenda Santa Fé, em Santa Helena de Goiás, GO, com o objetivo de produzir forragem para a entressafra e palhada para o SPD (KLUTHCOUSKI e AIDAR, 2003). No país estima-se que a área degradada de pastagens esteja na ordem de 60.000.000 ha (OLIVEIRA, 2001) e que, com a recuperação mediante esse sistema venha a ser acrescida a qualidade dos atributos físicos, químicos e biológicos de solo. SALTON et al. (1995) salientam também que com a ILP há aumento da lotação animal, otimização de maquinário e obtenção de duas safras no ano: grãos e carne/leite. O sistema fundamenta-se na produção consorciada de grãos - milho, soja, milheto, sorgo ou arroz, com forrageiras, principalmente as do gênero *Brachiaria spp.*, visando à produção forrageira para a entressafra e palha de cobertura para o SPD (KLUTHCOUSKI e AIDAR, 2003; KLUTHCOUSKI et al., 2004).

Neste contexto, no fim da década de 80, o agropecuarista Ake van der Vinne fez as primeiras tentativas em ILP, mostrando que a propriedade rural deve ser uma "indústria" de proteína vegetal e animal (BORGES, 2004). Valores médios de 6.561 e 6.553 kg ha⁻¹ de milho foram obtidos tanto em cultivo exclusivo como no consorciado, respectivamente, em diversos experimentos realizados nas safras de 1998 até 2001, em Goiás, Mato Grosso e Bahia (KLUTHCOUSKI e AIDAR, 2003).

AGNES et al. (2004), em Viçosa (MG), observaram que a produtividade de grãos de milho não foi afetada por diferentes modalidades de semeadura da *B. brizantha*: a lanço; na entrelinha e na linha do milho, evidenciando-se a pouca competitividade exercida pela braquiária. De fato, PORTES et al. (2000), estudando a *B. decumbens*, em Goiânia, GO, verificaram insuficiente suprimento de fotoassimilados à braquiária devido ao sombreamento exercido pelo cereal.

MATEUS et al. (2004) avaliaram a produção de milho forrageiro em dois espaçamentos: 0,45 e 0,90 m, em consórcio com *B. brizantha* na linha, na entrelinha

e, no milho solteiro, e demonstraram aumento significativo na produção do milho com o menor espaçamento e maior produção de MMS da silagem em consórcio com a braquiária; com o consórcio não foi comprometida a proporção de grãos na forragem de milho.

Ainda não existem suficientes trabalhos publicados sobre a dinâmica de N no sistema Santa Fé. CAPOBIANCO et al (2004) não obtiveram resposta positiva do milho às doses de nitrogênio (N), em cultivo exclusivo ou consorciado com *B. brizantha* na linha de semeadura. CAMPOS (2004) avaliou o efeito do N-sulfato de amônio em pré-semeadura ou em cobertura na cultura do milho consorciada com *Brachiaria*, em Latossolo Vermelho distrófico típico, muito argiloso, no Distrito Federal; quantificou no milho uma eficiência de recuperação de 79% e 48% do N aplicado, respectivamente, embora não houvesse diferença significativa na produtividade entre os tratamentos.

Quanto à distribuição quantitativa do N aplicado em cobertura nas culturas do milho e da braquiária não há registros na literatura.

Os objetivos deste trabalho, portanto, foram os de quantificar a eficiência e a distribuição do N aplicado em cobertura, proveniente de diferentes fontes nitrogenadas, em cultivo exclusivo e consorciado com *B. ruziziensis* (sistema Santa Fé), e os seus efeitos na produtividade de grãos; na distribuição de $S-SO_4^{2-}$ no perfil de solo após a aplicação de N e na produção de MMS da braquiária por ocasião da colheita do milho e aos 55 dias após a colheita.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Fazenda Canadá, do Grupo Algar, no município de Uberlândia (MG), em Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 1999), contendo 218 g kg^{-1} de argila no perfil de 0 a 20 cm de profundidade, com as seguintes características químicas: pH (água) 5,1; P (Mehlich-1) $16,5 \text{ mg dm}^{-3}$; K^+ (Mehlich-1) $0,92 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, CTC $41,9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, saturação por bases 26,1 %; saturação por Al^{3+} 9,2 % e matéria orgânica $16,0 \text{ g dm}^{-3}$. O solo foi amostrado em oito pontos na linha de soja, na safra 2002/2003 e em 40 pontos na entrelinha, segundo procedimento indicado por ANGHINONI e SALET (1998), para o SPD. No outono-inverno de 2003, a área experimental foi deixada em pousio.

A distribuição da precipitação pluvial mensal durante o ciclo da cultura do milho e, até aos 55 dias

após a colheita, em maio de 2004, é mostrada na Figura 1. Em 21/10/2003 foi efetuado o dessecamento na área experimental, com 3 L ha^{-1} de glifosate e aos sete dias após, foi semeado o milho híbrido DKB 390, na densidade de 63.300 sementes ha^{-1} e no espaçamento de 0,75 m. Para todos os tratamentos realizou-se, no sulco de semeadura, a aplicação de 357 kg ha^{-1} do formulado 10-28-14 e de sais de Zn (0,25 % de Zn) e de B como ulexita (0,32 % de B), em doses de 0,89 e $1,14 \text{ kg ha}^{-1}$ respectivamente.

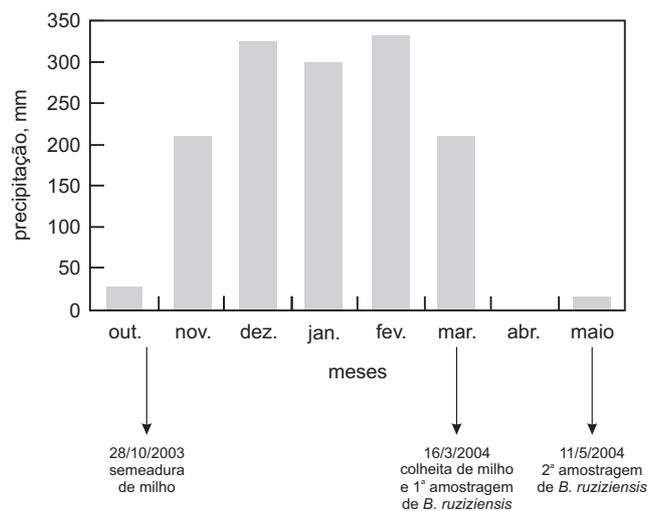


Figura 1. Distribuição da precipitação pluvial mensal durante o ciclo das culturas de milho e *Brachiaria ruziziensis* avaliada na fazenda Canadá Uberlândia, MG.

A adubação nitrogenada em cobertura de 104 kg ha^{-1} , foi parcelada em duas vezes no estágio de duas a três folhas e cinco a seis folhas, respectivamente, sendo a primeira aplicada a lanço, nas entrelinhas, na dose de 40 kg ha^{-1} de N e a segunda, incorporada no meio da entrelinha, na dose de 64 kg ha^{-1} de N, com maquinário apropriado. Os oito tratamentos de cobertura nitrogenada foram implantados em delineamento inteiramente casualizado, em esquema de faixas, com quatro repetições: zero de N no milho solteiro e consorciado com *Brachiaria ruziziensis*; e as fontes de N nas formas de uréia; sulfato de amônio e a mistura uréia + sulfato de amônio com relação 1:1 de N, aplicadas na presença ou ausência de *B. ruziziensis*. As parcelas foram constituídas de seis linhas de milho espaçadas de 0,75 m, com 50 m de comprimento. Como área útil em cada parcela foram consideradas as quatro linhas centrais, desprezando-se 10 m em cada extremidade.

Em três das quatro repetições de cada tratamento com cobertura de N, nas duas épocas, foi instalada uma microparcela de 1,5 m de comprimento e 1,5 m de largura, incluindo-se duas linhas de plantas, substituindo-se o adubo comercial por adubo marcado com ^{15}N . Este foi aplicado manualmente, simulando-se a operação mecanizada: $\text{CO}-(^{15}\text{NH}_2)_2$ com 1,625% de átomos de ^{15}N em abundância; $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ com 2,074% de átomos de ^{15}N em abundância e como mistura de ambas as fontes (1:1 de N) em tratamentos espelhos com 0,998% e 0,996% de átomos de ^{15}N em abundância na uréia misturada com sulfato de amônio não marcado na primeira e segunda coberturas, respectivamente, e 1,222% e 1,224% de átomos de ^{15}N em abundância no sulfato de amônio, com uréia não marcada, na primeira e segunda coberturas respectivamente. O N-recuperado nas plantas de milho e de *Brachiaria*, proveniente do fertilizante (N_{ppf}), foi calculado segundo as expressões utilizadas no método de diluição isotópica:

$$N_{ppf} (\%) = [(A-C)/(B-C) \times 100] \times 2 \dots\dots\dots (1)$$

$$N_{ppf} (\text{kg ha}^{-1}) = (N_{ppf} (\%) / 100) \times N_{total} (\text{kg ha}^{-1}) \dots\dots\dots (2)$$

em que:

A = concentração de ^{15}N (% em abundância de átomos de ^{15}N) do grão e parte aérea, B = concentração de ^{15}N do fertilizante e C = concentração isotópica natural do solo (0,370 % de átomos em ^{15}N), respectivamente, e N_{total} = quantidade de N-total nas diferentes partes da planta, em kg ha^{-1} .

A eficiência (E) do N-fertilizante (%) foi determinada pela expressão:

$$E (\%) = [N_{ppf} (\text{kg ha}^{-1}) / N_{fa} (\text{kg ha}^{-1})] \times 100 \dots\dots\dots (3)$$

em que:

N_{fa} é correspondente ao N-fertilizante aplicado.

As sementes de *B. ruziziensis* foram tratadas com ácido sulfúrico concentrado p.a. durante 15 minutos para superação da dormência e aumento do valor de cultivo (V.C.), para um total de 85 % na semeadura. Posteriormente, foram semeadas no estádio de 5-6 folhas do milho, misturadas ao adubo de cobertura, em uma única fileira, no meio da entrelinha do milho, na quantidade de 12 kg ha^{-1} de semente, nos tratamentos correspondentes. Por ocasião da colheita do milho, foram retiradas plantas de milho e da braquiária no interior do metro linear central das duas linhas das microparcels. A planta do milho foi fracionada em: parte aérea (palha + colmo + palha de espiga + sabugo) e grãos. A MMS desse material foi determinada após secagem em estufa com ar forçado a 60°C , até massa constante. O N na parte aérea e nos grãos do milho e na parte aérea da

braquiária foi determinado por via seca Dumas (RAMOS et al., 2001), com posterior determinação da concentração de ^{15}N por espectrometria de massas, na Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ.

Em 6/12/2003 e 23/12/2003, aos sete e 23 dias após a segunda cobertura, foram efetuadas amostragens de solo em triplicata, no meio da entrelinha da cultura, nas camadas de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm, 20 a 40 e 40 a 60 cm de profundidade, somente nos tratamentos com uréia, sulfato de amônio e mistura uréia + sulfato de amônio em milho solteiro, para determinação de S-sulfato pelo método de turbidimetria com $\text{BaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$ (CANTARELLA e PROCHNOW, 2001).

No florescimento do milho, em 13/1/2004, foi efetuada a amostragem foliar, coletando-se a folha inferior oposta à espiga, para determinação de N e S (MALAVOLTA et al., 1997). Cada amostra consistiu de 10 folhas em três das quatro repetições por tratamento. Nessas plantas foram medidas, também, a altura entre a superfície do solo e a inserção da folha bandeira e o diâmetro do entrenó inferior à inserção da espiga. Na parcela útil, em duas linhas centrais de 15 m de comprimento, foi efetuada a colheita de grãos, com 20 a 21 g kg^{-1} de umidade, corrigida para 13 g kg^{-1} para a aferição da produtividade.

A produção da MMS da parte aérea da braquiária foi determinada na colheita do milho e aos 55 dias após, nos tratamentos correspondentes, em amostragem de 1 m^2 , sendo ceifado o material a 15 cm de altura e colocado para secar em estufa com ar forçado a 60°C , até massa constante.

Os dados obtidos para cada variável avaliada foram submetidos à análise de variância pelo teste de F e, para o caso de diferenças significativas, aplicou-se o teste de Tukey a 5 %.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A disponibilidade hídrica foi favorável para o crescimento e desenvolvimento da planta de milho (Figura 1). Entre os meses de dezembro de 2003 até fevereiro de 2004 foram registrados aproximadamente 300 mm de chuva por mês, quantidade suficiente para os requerimentos da cultura que são de 350 a 500 mm no verão, sem necessidade de irrigação (FANCELLI e DOURADO NETO, 2000).

Nas figuras 2a e 2b, nota-se a distribuição em profundidade, até 60 cm, do S-SO_4^{2-} , nos tratamentos de milho solteiro, após sete e 23 dias da aplicação da segunda adubação nitrogenada em cobertura respectivamente. Nas camadas superficiais, 0 a 20 cm,

para as duas épocas, não foi observada diferença no teor de $S-SO_4^{2-}$ entre os tratamentos, sendo inferior a 10 mg dm^{-3} . Comumente, o teor de enxofre (S) não excede 10 a 15 mg dm^{-3} , sendo freqüentemente menor do que 5 a 10 mg dm^{-3} em solos de Cerrado (ROCHA e MALAVOLTA, 1988). Na camada de 20 a 40 cm (Figura 2a) houve aumento similar no teor de $S-SO_4^{2-}$ acima de $20,0 \text{ mg dm}^{-3}$, nos tratamentos com aplicação de sulfato de amônio e uréia + sulfato de amônio, indicativo de suplementação de S pelas fontes de fertilizantes.

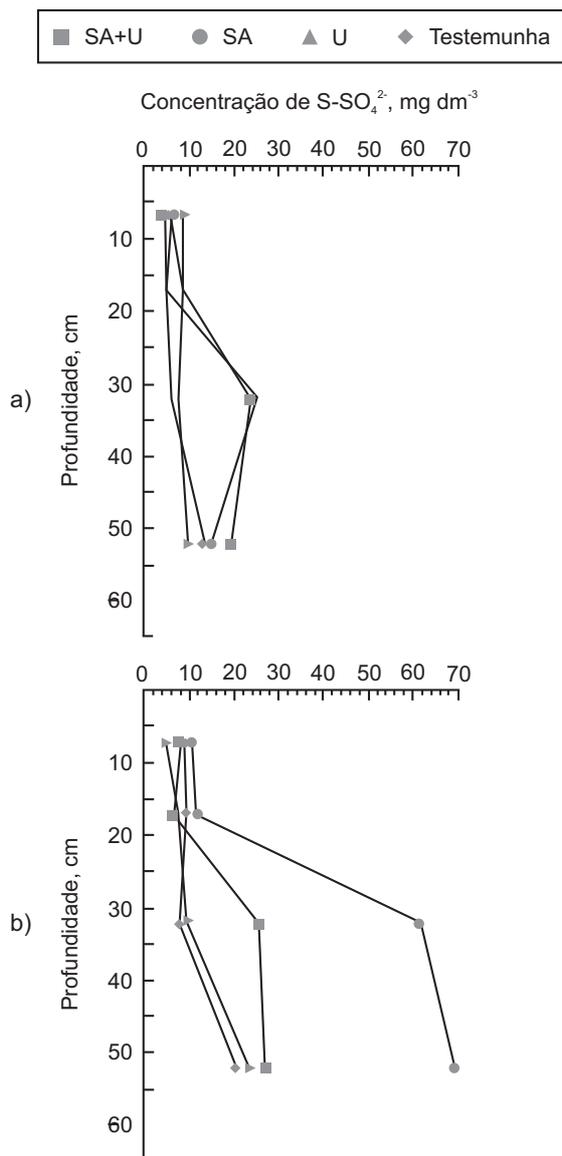


Figura 2. Distribuição de $S-SO_4^{2-}$ no perfil de solo na entrelinha: a) sete dias após a aplicação da segunda cobertura nitrogenada (10 a 12 folhas) e b) 23 dias após o pendoamento do milho, das fontes uréia (U), sulfato de amônio (AS e mistura U + AS (1:1 de N), independentemente da presença de *Brachiaria ruziziensis*. Uberlândia (MG), dezembro de 2003.

Com a aplicação exclusiva de uréia ao longo das camadas em profundidade não houve aumento no teor de S em relação à testemunha. Todavia, aumento significativo no teor de $S-SO_4^{2-}$ foi observado nas camadas de 20 até 60 cm, entre 60 a 70 mg dm^{-3} , aos 23 dias após a segunda cobertura nitrogenada, no tratamento exclusivo de sulfato de amônio (Figura 2b). Segundo BISSANI e TEDESCO (1988), o padrão de distribuição de S no perfil é influenciado pelo manejo do solo. No caso de solos cultivados, como foi o objeto deste estudo, ocorreu um aumento expressivo no teor de S na camada imediatamente inferior àquela cultivada, indicativo de lixiviação da camada superficial do solo devida à adubação. Em função do acúmulo da precipitação pluvial até essa época e da aplicação em ambas as coberturas, deve ter havido influência na disponibilidade de grande proporção do S aplicado via sulfato de amônio ($119,6 \text{ kg ha}^{-1}$) e no seu aproveitamento pelas raízes do milho, com reflexo na produtividade de grãos. Nos demais tratamentos, constatou-se distribuição similar nos teores de SO_4^{2-} aos registrados na primeira época, apesar de poder ser favorecida a oxidação de S-orgânico, pelas condições ambientais - aeração, temperatura, umidade e pH da solução do solo, como indicado por STEVENSON e COLE (1999). Na tabela 1, são mostrados os teores de N e S avaliados nos dois sistemas de manejo, a altura de plantas e o diâmetro de colmos, avaliados por ocasião do florescimento do milho, unicamente nos tratamentos de milho solteiro. Verificou-se que os maiores teores numéricos de N foliar foram obtidos com as fontes de S e, com maior teor foliar de S porém, sem diferenças estatísticas. Os teores estavam adequados para S e no limite inferior de suficiência para N, segundo BÜLL e CANTARELLA (1993). Dentre os tratamentos de adubos nitrogenados não foram observadas diferenças significativas na altura de plantas nem no diâmetro de colmos.

Nas tabelas 2 e 3 têm-se os efeitos das fontes de cobertura nitrogenada, aplicadas nos estádios de dois a três folhas e cinco a seis folhas, respectivamente, no acúmulo de MMS e de N, além da eficiência de seu aproveitamento. No estádio de duas a três folhas não houve diferença significativa para o N_{ppf} e para a eficiência dos fertilizantes aplicados, na presença e ausência de braquiária. Valor médio de $18,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de N_{ppf} e, portanto, de 45% de eficiência, foi obtido para o milho nos dois sistemas de manejo, quando aplicados 40 kg ha^{-1} de N. Do N-total assimilado pela cultura (solo+fertilizante), médias de $183,6 \text{ kg ha}^{-1}$ e $190,7 \text{ kg ha}^{-1}$ no milho consorciado e solteiro, respectivamente, 9,8% e 9,4% foram as contribuições do N-fertilizante aplicado em cobertura, independentemente das fontes utilizadas.

Tabela 1. Teores foliares de N e S na planta de milho, em cultivo solteiro e consorciado à *Brachiaria ruziziensis* e altura de plantas e diâmetro de colmos de milho, após adubação nitrogenada em cobertura, em sistema plantio direto. Uberlândia (MG), 2002/2003

Fontes de nitrogênio	N - foliar		Média g kg ⁻¹	S - foliar		Média	Altura das plantas m	Diâmetro de colmos cm
	Consórcio	Solteiro		Consórcio	Solteiro			
Testemunha	23,2 Aa	25,2 Aa	24,2	2,1 Ba	2,1 Aa	2,1	1,96 A	1,43 A
Sulfato de amônio	27,1 Aa	27,8 Aa	27,5	2,6 Aa	2,7 Aa	2,7	1,96 A	1,47 A
Uréia	24,8 Aa	27,0 Aa	25,9	2,2 ABa	2,7 Aa	2,5	1,96 A	1,48 A
Sulfato de amônio + uréia	26,8 Aa	28,7 Aa	27,8	2,4 ABa	2,3 Aa	2,3	1,98 A	1,47 A
Média	25,5	27,2		2,3	2,5			
D.M.S. (entre manejos)	5,20			0,80			0,75	
D.M.S. (entre fontes)	3,12			0,71			0,63	
C.V. (%)	12,9			3,3			1,3	

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, são diferentes entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância.

Na tabela 3, constam os valores de N_{ppf} e as eficiências dos fertilizantes nitrogenados aplicados no estádio de cinco a seis folhas, na presença e ausência de braquiária em consórcio. Em média, na presença de braquiária e, independentemente das fontes nitrogenadas, a eficiência de recuperação foi de 60,7% do N aplicado, correspondendo a 38,9 kg ha⁻¹ dos 64 kg ha⁻¹ de N aplicados, sendo aumentada significativamente a eficiência em relação à primeira cobertura. As maiores eficiências de recuperação do N aplicado foram, em ordem decrescente, do N-sulfato de amônio, N-uréia + sulfato de amônio e N-uréia - 75,1%, 57,9% e 49,1% respectivamente, não havendo diferença significativa entre os tratamentos. Na ausência de braquiária, observou-se que a eficiência média dos fertilizantes nitrogenados foi de 51,6% do N aplicado, sendo inferior, em média, 9,1% em relação à quantificada na presença da braquiária, o que poderia parecer contrário ao esperado. Com o cultivo do milho em consórcio não foi afetada negativamente a assimilação de N-fertilizante, e sim atuação de forma sinérgica, o que é merecedor de estudos na rizosfera para maior compreensão desse processo. Pelos resultados deste manejo, verifica-se que a fonte sulfato de amônio foi mais eficiente, sendo 75,1% maior em relação às outras fontes utilizadas.

Em geral, a cobertura foi mais eficiente no estádio de cinco a seis folhas, quando o sistema radicular está mais bem desenvolvido, possibilitando-se mais assimilação de N e S. Cabe salientar que, nesse estádio, a seqüência decrescente de eficiência está relacionada à menor concentração de S no fertilizante, tanto na presença como na ausência de braquiária, sendo: sulfato de amônio > uréia + sulfato de amônio > uréia. De fato, a análise foliar é reflexo dessa situação (Tabela 1).

O N_{ppf} recuperado pela braquiária, somando-se os dois parcelamentos, foi de 1,6 kg ha⁻¹ - 1,5% de eficiência de recuperação, independentemente das fontes aplicadas (Tabela 4). Por sua vez, o N_{ppf} nos dois parcelamentos para o milho, independentemente das fontes aplicadas, foi de 52,9 kg ha⁻¹ de N - 50,8% de eficiência em média de recuperação. Tendo como base 100 o N-total fertilizante assimilado em ambas as culturas - 54,5 kg ha⁻¹ de N (52,9 kg ha⁻¹ + 1,6 kg ha⁻¹), 97,1% e 2,9% do N_{ppf} ficaram distribuídos entre o milho e a braquiária, respectivamente, indicativo direto de ausência de competição entre a forrageira e a cultura do milho pela assimilação do N.

Diversos autores relatam que as produtividades de grãos e de silagem de milho solteiro em relação às do consórcio com diversas forrageiras, não são diferentes (AGNES et al., 2004; CAPOBIANCO et al., 2004; MATEUS et al., 2004; TSUMANUNA et al., 2004). Tampouco, em termos bromatológicos, a qualidade da forragem de milho foi negativamente afetada pelo consórcio com *B. brizantha* (BORGHI et al., 2004).

Para a produção de MMS de braquiária até a colheita de milho obteve-se um valor médio de 305,5 kg ha⁻¹ na parte aérea, independentemente das fontes nitrogenadas utilizadas e dos parcelamentos (Tabela 4). Com esse resultado, verifica-se que a braquiária foi efetiva e negativamente afetada pelo milho, com um inexpressivo consumo de N-fertilizante. Para cada parcelamento, não se observou diferença em produção de MMS, N-total acumulado e em N_{ppf} entre as fontes utilizadas. PORTES et al. (2000) verificaram que a *B. brizantha* foi prejudicada em seu desenvolvimento pelo sombreamento do milho, sendo aquela de metabolismo C₄ de fixação de CO₂.

Tabela 2. Acúmulo de massa de matéria seca (MMS), nitrogênio total e acumulado na parte aérea (N-total), concentração de ¹⁵N, nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (N_{ppf}) e eficiência da aplicação de 40 kg ha⁻¹ de N no estágio de dois a três folhas, a lanço, na entrelinha, na cultura de milho, cultivado no sistema Santa Fé, Uberlândia (MG), 2002/2003

Fonte	Parte da planta	Com braquiária				Sem braquiária					
		MMS	N-total	Conc. ¹⁵ N	N _{ppf}	Eficiência	MMS	N-Total	Conc. ¹⁵ N	N _{ppf}	Eficiência
		kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	% em excesso	kg ha ⁻¹	% do N aplicado	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	% em excesso	kg ha ⁻¹	% do N aplicado
Sulfato de amônio	Parte aérea	8.760	94,1	0,081	8,9	22,3	9.409	89,0	0,082	8,6	21,5
	Grãos	7.364	118,0	0,073	10,1	25,3	8.696	123,2	0,072	10,4	26,0
	Total	16.124 A	212,1 A	-	19,0 A	47,6 A	18.105 A	212,2 A	-	19,0 A	47,5 A
Uréia	Parte aérea	9.284	51,5	0,067	5,5 (1)	13,8	9.507	60,9	0,073	7,1	17,8
	Grãos	7.880	107,5	0,064	11,0	27,5	8.356	120,9	0,062	11,9	29,8
	Total	17.164 A	159,0 A	-	16,5 A	41,3 A	17.863 A	181,8 A	-	19,0 A	47,6 A
Uréia + sulfato de amônio	Parte aérea	9.644	55,0	0,041	6,2	15,5	9.471	54,0	0,036	5,3	13,2
	Grãos	8.722	124,7	0,037	12,4	31,1	8.487	124,3	0,032	10,6	26,5
	Total	18.366 A	179,6 A	-	18,6 A	46,6 A	17.958 A	178,2 A	-	15,9 A	39,7 A
C.V. (%)		21,4	-	23,3	20,7	27,7	28,9	22,4	-	22,3	20,1
DMS		23,4	-	53,7	3,5	7,3	2,5	36,3	-	3,6	8,1

As médias seguidas de letras diferentes na coluna, são diferentes entre si pelo teste "t" (Student) em nível de 5% de significância.

Tabela 3. Acúmulo de massa de matéria seca (MMS), nitrogênio total e acumulado na parte aérea da planta (N-total), concentração de ¹⁵N, nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (N_{ppf}) e eficiência da aplicação de 64 kg ha⁻¹ de N no estágio de cinco a seis folhas, a lanço, na entrelinha, na cultura de milho no sistema Santa Fé, na presença e ausência de *Brachiaria ruzizensis*, Uberlândia, (MG), 2002/2003

Fonte	Parte da planta	Com braquiária				Sem braquiária					
		MMS	N-total	Conc. ¹⁵ N	N _{ppf}	Eficiência	MMS	N-Total	Conc. ¹⁵ N	N _{ppf}	Eficiência
		kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	% em excesso	kg ha ⁻¹	% do N aplicado	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	% em excesso	kg ha ⁻¹	% do N aplicado
Sulfato de amônio	Parte aérea	8.913	88,3	0,189	19,6	30,6	11.314	110,5	0,146	18,9	29,5
	Grãos	8.758	130,0	0,187	28,5	44,5	9.536	140,5	0,166	27,4	42,8
	Total	17.671 A	218,3 A	-	48,1 A	75,1 A	20.850 A	251,0 A	-	46,3 A	72,3 A
Uréia	Parte aérea	10.254	81,7	0,102	13,3 (1)	20,8	9.149	52,6	0,083	7,0	10,9
	Grãos	9.413	133,3	0,085	18,1	28,3	8.446	125,6	0,081	16,2	25,3
	Total	19.667 A	215,0 A	-	31,4 B	49,1 A	17.595 A	178,2 B	-	23,2 B	36,2 B
Uréia + sulfato de amônio	Parte aérea	10.966	61,9	0,077	12,3	19,2	9.657	58,2	0,064	10,1	15,8
	Grãos	9.761	129,5	0,071	24,7	38,7	8.220	133,7	0,055	19,5	30,5
	Total	20.727 A	191,4 A	-	37,0 AB	57,9 A	17.877 A	191,9 AB	-	29,6 B	46,3 B
C.V. (%)		21,3	25,6	-	20,3	23,4	20,7	25,6	-	15,7	21,7
DMS		3,2	31,9	-	8,4	54,3	3,4	58,1	-	15,6	24,8

As médias seguidas de letras diferentes na coluna, são diferentes entre si pelo teste "t" (Student) em nível de 5% de significância.

Tabela 4. Acúmulo de massa de matéria seca de *Brachiaria ruziziensis* (MMS), nitrogênio total acumulado (N-total), concentração de ^{15}N , N na planta proveniente do fertilizante (N_{ppf}) e a eficiência de N aplicado em cobertura parcelada, nas entrelinhas do milho, no sistema Santa Fé. Uberlândia, (MG), 2002/200.

Tratamentos	MMS		N-total		Conc. ^{15}N	N_{ppf}	Eficiência
	kg ha $^{-1}$				% em excesso	kg ha $^{-1}$	% do N aplicado
Primeiro parcelamento							
Uréia	433,0	A	20,4	A	0,033	1,1	2,8
Sulfato de amônio	208,0	A	11,3	AB	0,038	0,5	1,3
Uréia + sulfato de amônio	125,4	A	4,6	B	0,200	0,2	0,6
DMS	317,6		8,2			0,6	
C.V.(%)	23,4		17,3			15,4	
Segundo parcelamento							
Uréia	169,0	A	10,7	A	0,044	0,8	0,9
Sulfato de amônio	509,0	A	19,9	A	0,061	1,1	1,9
Uréia + sulfato de amônio	388,8	A	17,2	A	0,026	1,1	1,7
DMS	350,7		9,8			0,4	1,3
C.V. (%)	28,6		18,6			17,4	17,6

(¹) Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, são diferentes entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância.

Tabela 5. Acúmulo de massa de matéria seca de milho (MMS) e produtividade de grãos em função de diferentes fontes de nitrogênio aplicadas em cobertura, na cultura de milho cultivado no sistema Santa Fé. Uberlândia (MG), 2002/2003

Tratamentos	Massa de matéria seca				Produtividade	
	Consórcio		Solteiro		Consórcio	Solteiro
	kg ha $^{-1}$				kg ha $^{-1}$	
Testemunha	6.635	Ba	6.811	Ba	7.502	aB
Sulfato de amônio	8.838	ABb	10.171	Aa	8.780	aA
Uréia	9.406	ABa	9.292	Aa	8.634	aAB
Uréia + sulfato de amônio	9.844	Aa	9.564	Aa	7.989	aAB
DMS (fontes)	1.605				1.650	
DMS (sistemas manejo)	1.028				656	
C.V.(%)	13,3				12,3	

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância.

Após 55 dias da colheita de milho, houve um acréscimo significativo da MMS de braquiária, sendo, na média dos tratamentos, de 916,8 kg ha $^{-1}$, representativo de taxa média de acúmulo de 16,7 kg ha $^{-1}$.dia $^{-1}$. PORTES et al. (2000) registraram tendência semelhante, possibilitando a utilização da forrageira aos 70 dias após a colheita dos cereais. No caso desses autores, foi efetuada a semeadura simultânea da braquiária e do cereal, fato que parece mais conveniente, em relação à semeadura defasada, caso deste estudo, a fim de favorecer um crescimento mais expressivo antes do período de maior sombreamento pelo milho.

Na tabela 5 estão os dados da produção de MMS e da produtividade de milho entre as fontes utilizadas e do manejo, milho solteiro e em consórcio.

A produção de MMS, para cada sistema de manejo, não foi negativamente afetada pelas fontes nitrogenadas utilizadas na cobertura. Esse fato somente ocorreu em relação à testemunha. Entre os sistemas de manejo, somente com o sulfato de amônio propiciou maior produção de MMS (10,2 t ha $^{-1}$) para o milho solteiro em relação ao consorciado (8,9 t ha $^{-1}$), evidenciando a importância da aplicação do enxofre na cobertura nitrogenada. Nos sistemas consórcio e

do milho solteiro não houve diferença de produtividade entre as fontes de N, ocorrendo apenas em relação à testemunha. Tampouco foi observada diferença para cada fonte aplicada, entre os sistemas de manejo. A média de produtividade nos tratamentos com adubação nitrogenada, independentemente da fonte e do manejo, foi de 8.344 kg ha⁻¹ em relação à da testemunha, que foi de 7.153 kg ha⁻¹, representando um acréscimo de 16,7%, devido à adubação nitrogenada em cobertura.

4. CONCLUSÕES

1. Na cultura de milho, há mais acúmulo do N-fertilizante em relação à da *Brachiaria ruziziensis*.

2. A eficiência média das fontes nitrogenadas em milho solteiro e consorciado é maior quando aplicadas no estágio de cinco a seis folhas.

3. Na cultura do milho solteiro há mais concentração de SO₄²⁻ nas camadas de 20 cm até 60 cm de profundidade, aos 23 dias após uma segunda cobertura nitrogenada.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste estudo agradecem os recursos financeiros outorgados pela empresa Honeywell-SN-Centro de Pesquisa e Promoção de Sulfato de Amônio (SN-Centro) e à Fundação AGRISUS/Fealq. Tornam-se extensivos os agradecimentos aos discentes que participaram de forma voluntária na coleta de dados.

REFERÊNCIAS

- AGNES, E. L.; FREITAS, F.C.L.; FERREIRA, L.R. Situação atual da Integração Agricultura-Pecuária em Minas Gerais e na Zona da Mata Mineira. In: ZAMBOLIM, L.; SILVA, A.A.; AGNES, E.L. (Ed.). **Manejo da Integração Agricultura-Pecuária**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p. 251-268.
- ANGHINONI, I.; SALET, L.R. Amostragem do solo e as recomendações de adubação e calagem no sistema plantio direto. In: NUERNBERG, N.J. (Ed.). **Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto**. Lages: Sociedade Brasileira de Ciência de Solo - Núcleo Regional Sul, 1998. p. 27-52.
- BISSANI, C.A.; TEDESCO, M.J. O enxofre no solo. In: BORKERT, C.M.; LANTMANN, A.F. (Ed.). **Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira**. Londrina: Embrapa/IAPAR/SBCS, 1988. p. 11-29.
- BORGES, E.P. História do processo Integração Agricultura-Pecuária. In: ZAMBOLIM, L.; SILVA, A.A.; AGNES, E.L. (Ed.). **Manejo da Integração Agricultura-Pecuária**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p. 353-384.
- BORGHI, E.; CRUSCIOL, C.A.; MATEUS, G.P.; COSTA, C. Composição químico-bromatológica da forragem de milho em consórcio com *B. brizantha* em sistema plantio direto. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá, MT. **Resumos...**Cuiabá: ABMS, 2004. (1 CD-ROM)
- BÜLL, L.T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1993. 301p.
- CAMPOS, A.X.. **Fertilização com sulfato de amônio em pré-secagem e cobertura na cultura de milho em um solo do cerrado de Brasília sob pastagem de *B. decumbens***. 2004. 119f. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura-CENA/USP, Piracicaba, 2004.
- CANTARELLA, H.; PROSCHNOW, L.I. Determinação de sulfatos em solos. In: RAIJ, B.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Ed.). **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. p. 225-230.
- CAPOBIANCO, R.; MELLO, K.V.V.S.; MATEUS, G.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; BORGHI, E. Produção do milho em consórcio com a *B. brizantha* em função da adubação nitrogenada: II. Produtividade de grãos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26., 2004, Lages, SC. **Resumos...** Lages: FERTBIO-SBCS, 2004. (1 CD-ROM)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.
- KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com o sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura - pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 407-441.
- KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; STONE, L.F.; COBUCCI, T. Integração lavoura-pecuária e o manejo de plantas daninhas. In: SIMPÓSIO SOBRE SISTEMA AGRÍCOLA SUSTENTÁVEL COM COLHEITA ECONÔMICA MÁXIMA, 1, 2004, Piracicaba, SP. **Resumos...** Piracicaba: POTAFOS, 2004. (1 CD-ROM)
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**, 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MATEUS, G.P.; BORGHI, E.; CRUSCIOLI, C.; COSTA, C. Produção de forragem de milho com *B. brizantha* em sistema plantio direto. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá. **Resumos...**Cuiabá: ABMS, 2004. (1 CD-ROM)

OLIVEIRA, P.P.A. Manejo da calagem e da fertilização nitrogenada na recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria* spp. 2001. 107 p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, CENA/USP, Piracicaba, 2001.

PORTES, T.A.; CARVALHO, S.I.C.; OLIVEIRA, I.F.; KLUTHCOUSKI, J. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 1.349-1.358, 2000.

RAMOS, M.G; VILLATORO, M.A.A.; URQUIAGA, S.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M. Quantification of the contribution of biological nitrogen fixation to tropical green manure crops and the residual benefit to a subsequent maize crop using ¹⁵N-isotope techniques. **Journal of Biotechnology**, London, v. 91, n. 2/3, p. 105-115, 2001.

ROCHA, M.; MALAVOLTA, E. Perspectivas de demanda, comercialização e produção industrial de enxofre e micronutrientes para a agricultura. In: BORKERT, C.M.; LANTMANN, A.F. (Ed.). **Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira**. Londrina: Embrapa/IAPAR/SBCS, 1988. p. 277-308.

SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; BORGES, E.P. Avaliação do sistema plantio direto na sucessão de soja sobre pastagens de braquiária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1995. Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBCS/UFV, 1995. v.4, p. 1816-1818.

STEVENSON, F.J.; COLE, M.A. Cycles of soil: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients, 2.ed. Urbana-Champaign: John Willey & Sons, 1999. 427p.

TSUMANUMA, G.M.; FANCELLI, L.A.; BALDO, M.N.; MARCONDES, L.P. Comportamento do milho consorciado com diferentes espécies de braquiárias. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá. **Resumos...** Cuiabá: ABMS, 2004. (1 CD-ROM)