

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 32

Emissão de N₂O e Volatilização de NH₃ em Sistema de Produção de Feijoeiro Comum Irrigado em Latossolo no Cerrado

Márcia Thaís de Melo Carvalho; Beata Emöke Madari; Bruno José Rodrigues Alves; Wesley Gabriel Oliveira Leal; Anna Cristina Lanna; José Aloísio Alves Moreira; Pedro Luiz Oliveira de Almeida Machado; Adriana Rodolfo da Costa; José Henrique da Silva; Diego Mendes de Souza

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Arroz e Feijão

Rodovia GO 462 - Km 12 - Zona Rural - Caixa Postal 179

75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO

Fone: (62) 3533 2123

Fax: (62) 3533 2100

www.cnpaf.embrapa.br

sac@cnpaf.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: *Luís Fernando Stone*

Secretário-Executivo: *Luiz Roberto Rocha da Silva*

Supervisor editorial: *Camilla Souza de Oliveira*

Normalização bibliográfica: *Ana Lúcia D. de Faria*

Revisão de texto: *Camilla Souza de Oliveira*

Capa: *Sebastião José Araújo*

Editoração eletrônica: *Fabiano Severino*

1ª edição

1ª impressão (2008): 500 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Arroz e Feijão

Emissão de N₂O e volatilização de NH₃ em sistema de produção de feijoeiro comum irrigado em Latossolo no Cerrado / Márcia Thaís de Melo Carvalho ...[et al.]. - Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2008.

23 p. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9601 ; 32)

1. Feijão - Plantio direto. 2. Efeito estufa. 3. Emissão de gases.
I. Carvalho, Márcia Thaís de Melo. II. Embrapa Arroz e Feijão. III. Série.

CDD 635.6528 (21. ed.)

© Embrapa 2008

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Material e Métodos	11
Resultados e Discussão	14
Conclusões	18
Referências	19

Emissão de N₂O e Volatilização de NH₃ em Sistema de Produção de Feijoeiro Comum Irrigado em Latossolo no Cerrado

Márcia Thais de Melo Carvalho¹; Beata Emöke Madar²; Bruno José Rodrigues Alves³; Wesley Gabriel Oliveira Leal⁴; Anna Cristina Lanna⁵; José Aloísio Alves Moreira⁶; Pedro Luiz Oliveira de Almeida Machado⁷; Adriana Rodolfo da Costa⁸; José Henrique da Silva⁹; Diego Mendes de Souza¹⁰

Resumo

Entre maio e junho, a produção de feijão comum irrigado por pivô é responsável por 30% do suprimento brasileiro desse legume. No bioma Cerrado, sistemas de produção de grãos irrigado são comumente levados por um ano todo de cultivo do solo sem pousio. Por isso, a adoção do plantio direto sobre resíduos de culturas é importante para conservação do solo e da água. Os efeitos benéficos do plantio direto por meio da rotação de culturas com plantas de cobertura são bem conhecidos, mas há uma lacuna de dados sobre a interação entre plantio direto e rotação de culturas sobre emissão de gases de efeito estufa. O objetivo

¹ Engenheira Agrônoma, Mestre em Agronomia, Pesquisadora, Embrapa Arroz e Feijão, Rod. GO 462, Km 12, 75375-000 Santo Antônio de Goiás-GO, marcia@cnpaf.embrapa.br

² Engenheira Agrônoma, PhD em Ciência do Solo e Nutrição de Plantas, Pesquisadora, Embrapa Arroz e Feijão, madari@cnpaf.embrapa.br

³ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciência do Solo, Pesquisador, Embrapa Agrobiologia, bruno@cnpab.embrapa.br

⁴ Químico, Mestre em Química, Analista, Embrapa Arroz e Feijão, wesley@cnpaf.embrapa.br

⁵ Química, Doutora em Fisiologia Vegetal, Pesquisadora, Embrapa Arroz e Feijão, aclanna@cnpaf.embrapa.br

⁶ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Irrigação e Drenagem, Pesquisador, Embrapa Arroz e Feijão, jaloisio@cnpms.embrapa.br

⁷ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador, Embrapa Arroz e Feijão, pmachado@cnpaf.embrapa.br

⁸ Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Campus II, Goiânia,GO

⁹ Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Campus II, Goiânia,GO

¹⁰ Químico Industrial, Assistente, diego@cnpaf.embrapa.br

deste estudo foi quantificar as perdas de nitrogênio por emissão de óxido nitroso (N_2O) e volatilização de amônia (NH_3) em sistema de produção de feijoeiro comum irrigado em plantio direto, com e sem palhada de braquiária (*Brachiaria* sp.), em um Latossolo Vermelho distrófico no bioma Cerrado. Verificou-se que o total de emissões de N_2O para todos os tratamentos foi baixo e o fator de emissão em relação à aplicação do adubo nitrogenado foi próximo a zero. Contudo, na área de produção de feijoeiro comum irrigado em plantio direto sobre palhada de braquiária foram observados maiores fluxos de N_2O em relação à área sem palhada de braquiária, sendo a atividade biológica no solo, no florescimento das plantas de feijão, também maior para aquele tratamento. A volatilização de amônia também foi maior para a área de cultivo com palhada de braquiária.

Termos para indexação: *gases do efeito estufa, perdas de nitrogênio, sistema plantio direto.*

Emission of N₂O and volatilization of NH₃ in the production system of irrigated common beans

Abstract

Between May and June the production of pivot-irrigated common beans is responsible for 30% of the Brazilian supply of this legume plant. In the Cerrado biome, irrigated crop systems commonly lead to a year long soil cultivation without fallow. Hence, the adoption of zero tillage on crop residues is important in soil and water conservation. The beneficial effects of zero tillage under crop rotation with cover crops are well known, but there is a lack of data about zero till and crop rotation interactions on greenhouse gas emissions. The objective of this study was to quantify nitrogen losses by the emission of nitrous oxide (N₂O) and volatilization of ammonia (NH₃) in the production system of irrigated common beans cultivated in zero till with and without soil cover plant (*Brachiaria* sp.), in an Haplic Ferralsol of the Brazilian savannah (Cerrado). It was verified that the total emissions of N₂O for all the treatments was low and the emission factor in relation to application of the nitrogen fertilizer was close to zero. However, in the area of common beans with *Brachiaria* larger fluxes of N₂O were observed than in the area without *Brachiaria*. The same was observed for NH₃. The biological activity in the soil, at flowering of the common beans, was also larger for the treatment with *Brachiaria* than without *Brachiaria*.

Index terms: greenhouse gas, nitrogen losses, zero tillage.

Introdução

A área plantada de feijão em Goiás, segundo dados da SEPLAN (GOIÁS, 2007), é de 133.408 hectares com produtividade média de 2.013 kg ha⁻¹. O bom desempenho é resultado das modernas práticas adotadas por produtores especializados que utilizam colheitas mecanizadas, sementes selecionadas e sistema de irrigação, aumentando significativamente a produtividade do grão no cultivo de outono/inverno. A agricultura irrigada está em pleno desenvolvimento em Goiás. Atualmente, a área total irrigada é de 198 mil hectares, dos quais, 145.600 hectares sob pivôs.

Entre as tecnologias indicadas para o sistema de cultivo, sem ou com revolvimento mínimo de solo, a adubação nitrogenada é a que tem gerado maior número de questionamentos. As dúvidas se referem desde reações e mecanismos controladores da disponibilidade do nitrogênio e características das diferentes fontes de nitrogênio no solo, até à prática da adubação quanto às doses, métodos e épocas de aplicação.

A baixa eficiência de recuperação do N do fertilizante tem sido atribuída, principalmente, às perdas gasosas do N por volatilização e desnitrificação (HILTON et al., 1994). A recuperação do nitrogênio dos fertilizantes nitrogenados, pelas plantas, é relativamente baixa, alcançando em muitos casos menos que 50% (RAO et al., 1992). A perda de NH₃ por volatilização, quando a uréia, fonte nitrogenada mais comercializada no País (ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS E CORRETIVOS AGRÍCOLAS, 2001), não é enterrada ou incorporada ao perfil do solo pela água da chuva ou irrigação, pode atingir de 31% a 78% do total de N aplicado (LARA CABEZAS et al., 1997).

Existem vários trabalhos demonstrando as perdas por volatilização de NH₃ da uréia, principalmente quando é distribuída a lanço na superfície do solo, como o de Lara e Trivelin (1990).

O N₂O é um dos principais Gases de Efeito Estufa (GEE) emitidos pelo setor agropecuário e o incremento em suas concentrações responde por cerca de 6% do efeito estufa (COTTON; PIELKE, 1995). O uso de fertilizantes nitrogenados, a mineralização da matéria orgânica e dejetos de animais em pastagem, entre outros fatores, contribuem com quase 70% do total das fontes antrópicas de emissões de N₂O para atmosfera (IPCC, 1996; LIMA, 2002). Segundo Kaiser et

al. (1998), a concentração atmosférica de N_2O tem aumentando consideravelmente nas últimas décadas a uma taxa de 0,25% ao ano, sendo o potencial de aquecimento global de cada molécula de N_2O , num horizonte de cem anos, 310 vezes maior do que o de cada molécula de CO_2 . As emissões de N_2O na agricultura estão projetadas para um crescimento de 35 a 60% até 2030 (BARKER; BASHMAKOV, 2007).

No Brasil, em 1990, as emissões totais de N_2O provenientes de solos agrícolas foram estimadas em 425,66 Gg (Gg = 10^9 grama). Em 1994, as emissões totais de N_2O somaram 475,99 Gg, dos quais 26% corresponderam às emissões diretas de solos agrícolas (fertilizantes sintéticos e animais, fixação biológica, resíduos agrícolas e solos orgânicos); 28% às emissões indiretas de solos agrícolas (deposição atmosférica, lixiviação e escoamento); e 46% às emissões a partir de animais em pastagem. Em relação às emissões diretas de solos agrícolas, a Região Centro-Oeste encontra-se em terceiro lugar, com 21,98Gg em emissões, atrás da Região Sul (45,76 Gg) e Sudeste (34,03 Gg), estando o Estado de Goiás em 11º lugar, com taxas de emissão entre 15 e 45 Kg de N_2O Km^{-2} (LIMA et al., 2006).

Segundo Bouwman (1990), os processos bióticos do solo contribuem com aproximadamente 90% da produção global de N_2O , que pode ser formado tanto durante a oxidação da amônia (NH_3) - nitrificação, quanto durante redução do nitrato (NO_3^-) - desnitrificação. Devido a condições de oxidação e redução gerarem emissão de N_2O , esse processo pode ocorrer numa ampla variedade de solos.

A adoção de plantio direto utilizando resíduos de plantas como cobertura do solo em sistemas de produção de grãos é importante para conservação do solo e da água, esse benefício já é bem conhecido, entretanto, há uma lacuna de conhecimento sobre as interações entre plantio direto e rotação de culturas e seus efeitos sobre as emissões de gases de efeito estufa.

O objetivo deste estudo foi quantificar a emissão de óxido nitroso e volatilização de amônia na produção de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado, cultivado em plantio direto, com e sem palhada de *Brachiaria* sp., em Latossolo de Cerrado, utilizando uréia como fonte de adubação nitrogenada.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido em Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa com 554 g kg^{-1} de argila, 111 g kg^{-1} de silte e 335 g kg^{-1} de areia, localizado na Fazenda Capivara, na Embrapa Arroz e Feijão, a 823 metros de altitude e coordenadas de $16^\circ 29'17''S$ e $49^\circ 17'57''W$. Foram avaliadas duas áreas de cultivo no outono/inverno 2008, nas quais foram cultivados feijoeiro em plantio direto, sem e com cobertura de palhada de braquiária (*Brachiaria* sp.), irrigado por aspersão, tipo pivô central. Foi considerado tratamento sem cobertura de palhada de braquiária aquele onde havia resíduos culturais de milho (*Zea mays*) solteiro, que foi colhido para preparo de silagem. Foi utilizada uréia como fonte de nitrogênio (N) para adubação, aplicada nas doses de $20 \text{ kg de N ha}^{-1}$ no plantio (09/06/08), por meio de 400 kg ha^{-1} do adubo formulado 5-30-15, e $90 \text{ kg de N ha}^{-1}$ em cobertura, por fertirrigação, parceladas em doses de 45 kg ha^{-1} aos 30 e 43 dias após semeadura (09 e 22/07/08). Foram avaliados quatro tratamentos e floresta secundária como referência de equilíbrio: (1) Feijoeiro irrigado, com N, em plantio direto com palhada; (2) Feijoeiro irrigado, sem N, em plantio direto com palhada; (3) Feijoeiro irrigado, com N, em plantio direto sem palhada; (4) Feijoeiro irrigado, sem N, em plantio direto sem palhada; e (5) Cerrado secundário, formação acima de vinte anos de idade.

Para medir emissão de N_2O foram instaladas seis câmaras para coleta de gases, distribuídas numa faixa de $10 \times 15 \text{ m}$ (150 m^2), para cada tratamento. As coletas de gases na interface solo-atmosfera foram realizadas a cada sete dias após semeadura do feijão e em cinco dias consecutivos, sempre após adubação, no intervalo entre 8:00 e 12:00 horas. Cada câmara, de 19,8 litros, ocupou uma área de $0,193 \text{ m}^2$ sobre o solo, cujas bases foram instaladas perpendicularmente às linhas de plantio. Após o fechamento das câmaras, é retirada a amostra inicial (T_0) e, depois de 20 minutos, uma nova amostra para o cálculo da taxa de produção do gás. As amostras de gás do interior das câmaras foram coletadas com o auxílio de uma bomba de vácuo manual, que transfere o gás das câmaras para frascinhos de vidro, após vácuo à 80 kPa (COSTA et al., 2007). A concentração de N_2O das amostras de gás foi analisada em cromatógrafo a gás Perkin Elmer Auto System XL, equipado com coluna empacotada contendo "Porapak Q" e detector de captura de elétrons ^{63}Ni (ECD). Como padrão para N_2O , foram utilizadas concentrações de 350 e 1000 ppbV (parte por bilhão em volume). As taxas de emissão foram determinadas a partir da integração dos fluxos de N_2O medidos em cromatografia gasosa; o fator de emissão determina-

do pela diferença entre as taxas de emissão dos tratamentos com adubação e sem adubação.

O cálculo dos fluxos de N₂O é dado pela equação (ROCHETTE et al., 2004):

$$F_{N_2O} = \delta C / \delta t (V/A) M / V_m, \text{ onde:}$$

F_{N_2O} = Fluxo de óxido nitroso ($\mu\text{m N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$);

$\delta C / \delta t$ = Mudança de concentração de N₂O na câmara no intervalo de incubação;

V = Volume da câmara;

A = Área do solo coberto pela câmara;

M = Peso Molecular de N₂O;

V_m = Volume Molecular na temperatura de amostragem.

As perdas de N por volatilização foram quantificadas por meio de um sistema semi-aberto estático, proposto por Nömmik (1973), com adaptações de Araújo et al. (2006). Trata-se de uma câmara estática, confeccionada a partir de frasco plástico transparente tipo PET de 2 litros sem a base, com diâmetro de 10 cm, abrangendo 0,008 m² de área sobre o solo. No interior do frasco é suspenso, com o auxílio de um arame de aço inoxidável uma lâmina de espuma de polietileno com 3 mm de espessura, 2,5 cm de largura e 25 cm de comprimento, umedecida com 40 mL de solução captura de H₂SO₄ 1,5 mol dm⁻³ mais glicerina 4% (v/v), acondicionada em frascos plásticos de 70 mL, suspensos dentro da câmara. Visando manter o sistema aberto, permitindo a circulação do ar, a base do PET retorna de forma invertida na extremidade superior suspensa por uma espiral de arame, formando um chapéu para evitar a entrada de água da chuva ou irrigação. As câmaras coletoras foram instaladas nas linhas de semeadura do feijão imediatamente após a semeadura, no dia 09 de junho de 2008. Foram utilizadas seis câmaras por tratamento.

Para a quantificação de N (mg), a solução captura foi preparada em laboratório com adição de 10 mL de água destilada para lavagem da lâmina de espuma. A solução captura do frasco plástico foi transferida para erlenmeyer de 250 mL e levada ao agitador horizontal à 220 RPM por 15 minutos. Desta solução retirou-se um alíquota de 20 mL que foi transferida para tubo de digestão, para destilação e posterior titulação com HCl 0,003 mol dm⁻³.

A troca das espumas ocorreu a cada 24 horas, durante sete dias consecutivos subsequentes à adubação de plantio e fertirrigações, e num intervalo de 60 horas após o período de adubação. Desta forma, foram efetuadas onze trocas de espumas, nos dias 11/06, 14/06, 18/06, 26/06, 02/07, 08/07, 11/07, 14/07, 16/07, 21/07, 23/07, 25/07 e 30/07.

A quantificação do N da solução captura foi calculada por meio da equação:

$$N \text{ (mg)} = \text{Vol. gasto do ácido titulante} * \text{normalidade do ácido} * \text{Peso Molecular do N (14)} * (\text{vol. gasto solução/aliquota utilizada na destilação}),$$

onde:

Volume da solução (mL) = peso da solução * densidade (d= 1)

Peso solução (g) = peso total da amostra - (peso pote + espuma)

Considerando que o sistema coletor utilizado apresenta uma eficiência de recuperação do N volatilizado igual a 70% (ARAÚJO et al., 2006), o total de N perdido por volatilização foi calculado utilizando a seguinte equação:

$$N-NH_3 \text{ (kg/ha)} = \{[(N_{\text{acumulado(mg)}}/0,008)/1.000] * 1,43\} * 10.000/1.000$$

A avaliação do teor de massa da Matéria Seca Total (MST) da palhada de braquiária e dos resíduos culturais de milho solteiro foi realizada na fase de florescimento do feijoeiro comum (06/08/08) utilizando-se o método do ponto quadrado (SPEEDING; LARGE, 1957). As amostras foram secas em estufa a 65°C até massa constante e posteriormente pesadas.

A amostragem de solo para avaliação da biomassa microbiana foi também realizada durante o pleno florescimento do feijoeiro comum (06/08/08), quinze dias após a última adubação nitrogenada via fertirrigação, na camada de 0 a 10 cm de solo. Para determinação do Carbono e Nitrogênio da Biomassa Microbiana (CBM e NBM), utilizou-se o método da fumigação e extração (BROOKES et al., 1985; VANCE et al., 1987). O cálculo do carbono e do nitrogênio da biomassa microbiana do solo foi realizado considerando fator de correção segundo Silva et al. (2007a, 2007b).

Para avaliação de produtividade, foram colhidas três linhas de dois metros, perfazendo uma área de 1,8 m², para cada tratamento, 91 dias após plantio.

Os dados foram submetidos à análise da variância e as médias de tratamentos comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Os fluxos de N₂O foram mais altos nos tratamentos com palhada de braquiária em relação aos sem palhada (Fig. 1-C). Os fluxos mais altos ocorreram no terceiro dia após semeadura (12/06) e permaneceram até o 22º dia (01/07). Do 22º dia até a 1ª fertirrigação (09/07), os maiores fluxos foram observados no tratamento sem palhada com N. Após a 1ª e 2ª fertirrigações, os maiores fluxos foram novamente observados para os tratamentos com palhada. Os fluxos mais altos, logo após a semeadura, devem estar relacionados a um estímulo na dinâmica de N do solo devido à interrupção do período seco pela irrigação, ocorrendo também na área com palhada e sem N.

Em geral, os fluxos de N₂O são mais altos durante períodos de irrigação, onde há alternância de seca e umidade, do que em períodos de chuvas. Nas condições de alternância de umidade e seca, tanto a nitrificação quanto a desnitrificação seguida da nitrificação podem causar maiores emissões de N₂O do que as observadas em condições de umidade constante (SMITH; PATRICK, 1983). Segundo Mosier et al. (1983), geralmente há uma alta taxa de emissão de N₂O imediatamente após a aplicação do fertilizante, estendendo-se pelo período de seis dias. Depois desse período, a taxa de emissão cai e flutua ao redor de um valor menor, independente da quantidade de nitrogênio aplicado.

As emissões totais de N₂O do solo nos tratamentos com e sem palhada, com N, foram equivalentes a 141,65 e 59,84 g N-N₂O ha⁻¹, respectivamente, com adubação total de 110 kg de N ha⁻¹. Nos tratamentos com e sem palhada, sem N, as emissões totais foram equivalentes a 167,34 e 40,73 g N-N₂O ha⁻¹, respectivamente (Tabela 1). Assim, 0 e 19,11 g N-N₂O ha⁻¹ foram emitidos em função da aplicação do fertilizante, gerando um fator de emissão de 0 e 0,03%, para os tratamentos com palhada e sem palhada de braquiária, respectivamente. Esses valores estão muito abaixo do fator de emissão recomendado pelo Painel Intergovernamental da ONU sobre Mudança do Clima (KLEIN et al., 2006), que é de 1%, variando entre 0,3 e 3%.

Tabela 1. Emissão de N_2O e volatilização de NH_3 totais no período de 47 dias após plantio, nitrogênio e carbono da biomassa microbiana do solo e matéria seca total de palhada de braquiária no florescimento de feijão comum irrigado, cultivado em plantio direto, com e sem palhada de braquiária, com e sem adubação nitrogenada e Cerrado secundário¹, em Latossolo Vermelho distrófico².

<i>Tratamento</i>	<i>Emissão kg N-N₂O ha⁻¹</i>	<i>Volatilização kg N-NH₃ ha⁻¹</i>	<i>NBM mg N kg⁻¹ solo</i>	<i>CBM mg C kg⁻¹ solo</i>	<i>MST ton ha⁻¹</i>
Com palhada, com N	0,142 a	5,386 a	44,66 a	413,24 a	14,14 a
Com palhada, sem N	0,167 a	3,346 ab	40,85 a	376,71 ab	15,51 a
Sem palhada, com N	0,061 b	3,424 ab	36,99 a	409,30 bc	11,29 a
Sem palhada, sem N	0,041 b	2,505 b	37,89 a	238,77 c	13,89 a
Cerrado secundário	0,024	1,269	75,85	481,76	30,66
CV (%)	39,60	64,35	15,25	16,81	25,35

¹Os resultados para Cerrado secundário não participaram da análise estatística, foram utilizados apenas para efeito de comparação como área de referência de equilíbrio; ²Valores seguidos pela mesma letra na coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey ($p = 0.05$).

Segundo Eichner (1990), a emissão de N_2O varia com o tipo de fertilizante usado e corresponde de 0,001% a 6,8% do nitrogênio aplicado, sendo maior a emissão quando aplicado em forma de hidróxido de amônia e menor quando aplicado em formas compostas, como soluções de nitrogênio. Gonçalves (2002) avaliou o fluxo de N_2O na interface solo-atmosfera na cultura do feijoeiro utilizando dois tipos de fertilizantes – sulfato de amônio e lodo de esgoto – com uma taxa de fertilização de 2 g de N m⁻². A emissão foi maior para parcelas fertilizadas com sulfato de amônio, sendo que o N_2O emitido representou 0,70 a 1,65% do nitrogênio aplicado ao solo. Nesse estudo, estimou-se ainda que a cultura do feijoeiro, no Brasil, contribui com 0,04% do total de N colocados na atmosfera em termos globais.

Madari et al. (2007) quantificaram a emissão de N_2O , derivada de 80 kg N ha⁻¹ na forma de uréia, aplicada na cultura do feijoeiro comum irrigado, sob plantio direto em Latossolo Vermelho distrófico, com adubação e irrigação controladas manualmente, ou seja, com aplicação direta do adubo nitrogenado na superfície do solo, evitando assim grandes perdas por volatilização na forma de NH_3 , encontrando fator de emissão do fertilizante equivalente a 0,12 %, valor também abaixo do recomendado pelo IPCC.

A perda média de N por volatilização de amônia foi maior para os tratamentos com palhada, com e sem N, e sem palhada com N, que não diferiram significativamente (Tabela 1). O tratamento com palhada e com N diferiu estatística-

mente do tratamento sem palhada e sem N e do Cerrado secundário, onde foram observadas as menores perdas de N por volatilização. O fato de os tratamentos com palhada de braquiária sobre solo apresentarem maior perda de N-NH₃ pode ser devido ao menor contato da uréia com o solo e a maior atividade da urease na presença de resíduos culturais, como observado por Da Ros et al. (2005).

No oitavo dia após semeadura (18/06), no quinto dia após primeira fertirrigação (14/07) e no terceiro dia após segunda fertirrigação (25/07), foram observados fluxos maiores de N-NH₃ para o tratamento com palhada com N (Fig. 1-D), corroborando com os resultados encontrados em vários estudos (LARA CABEZAS et al., 1997; COSTA et al., 2003; SANGOI et al., 2003), nos quais verificou-se que o processo de perda de N por volatilização se inicia logo após a aplicação da uréia, pela rápida hidrólise no solo, concentrando-se nos primeiros seis dias após a aplicação do fertilizante.

No 12º dia após a primeira fertirrigação (21/07), observa-se maior perda de N por volatilização de amônia no tratamento sem palhada, com N. A ausência de cobertura do solo propicia menor quantidade de água (Fig. 1-B) e maior temperatura no solo na camada de 0-10 cm (Fig. 1-A). Segundo Bragagnolo e Mielniczuk (1990), a maior temperatura favorece a atividade da urease e, conseqüentemente, a taxa de hidrólise da uréia, além de facilitar a difusão ascendente de amônia, que ocorre juntamente com a evaporação da água do solo.

Em sistemas conservacionistas com alta disponibilidade de restos culturais com alta relação C/N, além das perdas de NH₃ por volatilização, o nitrogênio pode tornar-se insuficiente para as plantas em função da fixação microbiana do solo (TISDALE et al., 1985; MENGEL, 1996; SÁ, 1999). O Carbono da Biomassa Microbiana (CBM) variou entre os diferentes tratamentos estudados, conforme apresentado na Tabela 1. Foram observados maiores valores de CBM no solo onde o feijoeiro comum irrigado foi cultivado sobre palhada de braquiária, mostrando tendência de melhoria da qualidade biológica. Conseqüentemente, nesse caso, a atividade biológica mais alta no solo sob a palhada pode ser a maior responsável pelas maiores emissões de N₂O, devido a alta taxa do processo de nitrificação e desnitrificação.

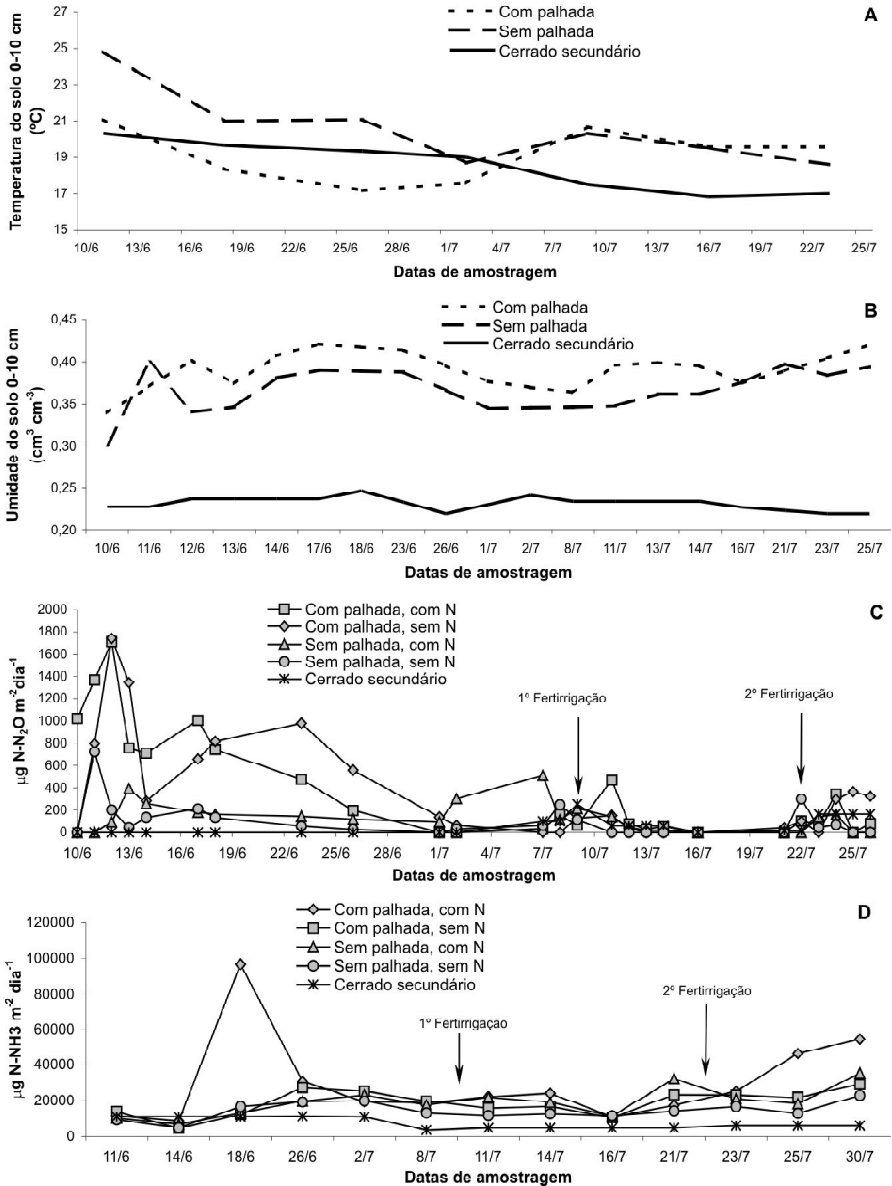


Fig. 1. Temperatura (A) e umidade volumétrica do solo na camada 0-10 cm (B), fluxos de N_2O (C) e volatilização de NH_3 (D) observados em sistema de produção de feijoeiro comum irrigado em plantio direto, com e sem palhada de braquiária, com e sem adubação nitrogenada e Cerrado secundário, em Latossolo Vermelho distrófico, no período de 47 dias após semeadura.

Devido às condições de equilíbrio em que se encontram os fatores bióticos no solo sob Cerrado secundário, o conteúdo de biomassa microbiana é elevado quando comparado com solos cultivados, mesmo em condições de menor umidade no solo (D'ANDRÉA et al., 2002).

Observou-se ainda (Tabela 1) que o tratamento com palhada de braquiária com N, apresentou maiores teores de N na biomassa microbiana do solo, alcançando produtividade de 3.539 kg ha⁻¹. Já o tratamento sem palhada com N, alcançou produtividade de 3.683 kg ha⁻¹. Para os tratamentos sem N, com e sem braquiária, foram colhidos 1.069 kg ha⁻¹ e 1.936 kg ha⁻¹, respectivamente. Essa observação reforça a idéia de que a biomassa microbiana, além de ser responsável pela ciclagem de nutrientes, é um reservatório de N, que deve ser potencialmente mineralizado para um gradual suprimento desse mineral para a planta (VARGAS; SCHOLLES, 2000). A disponibilidade desse nutriente na forma orgânica depende, dentre outros fatores, da mortalidade dos microorganismos (MENGEL, 1996).

Nas condições deste estudo, a volatilização de amônia foi o processo mais importante do que as emissões de N₂O para perda de N aplicado por meio do fertilizante. As taxas corrigidas de volatilização de NH₃ podem implicar em emissões indiretas de N₂O por meio da deposição atmosférica em solos distantes da área estudada.

Conclusões

- (a) O total das emissões de N₂O foi baixo para todos os tratamentos, sendo que o fator de emissão em relação ao adubo nitrogenado aplicado foi próximo a zero. Contudo, as emissões totais de N₂O no período de 47 dias após semeadura do feijoeiro comum cultivado em plantio direto com palhada de braquiária foram maiores do que para os tratamentos sem palhada de braquiária;
- (b) A atividade biológica do solo cultivado sob palhada de braquiária foi maior do que para os tratamentos sem palhada, o que deve ser a razão, combinado com o maior teor de umidade do solo, para maiores emissões de N₂O nos tratamentos com palhada de braquiária;
- (c) As perdas de N por volatilização de amônia no sistema de produção de feijoeiro comum irrigado em plantio direto com palhada de braquiária foram maiores do que onde não houve palhada;
- (d) As emissões diretas de N-N₂O para atmosfera, no caso deste estudo, estão mais relacionadas principalmente à atividade biológica do solo do que ao uso

do fertilizante nitrogenado, sendo mais significativas as emissões indiretas devido a volatilização de $N-NH_3$.

Referências

ARAÚJO, E. S.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R. **Câmara coletora para quantificação do $N-NH_3$ volatilizado do solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2006. 4 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado técnico, 87).

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS E CORRETIVOS AGRÍCOLAS. **Anuário estatístico do setor de fertilizantes**. São Paulo, 2001. 159 p.

BARKER, T.; BASHMAKOV, I. (Coord.). Mitigation from a cross-sectoral perspective. In: IPCC. **Climate Change 2007: Mitigation**. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. Disponível em: < <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar4-wg3-chapter11.pdf> >. Acesso em: 19 fev. 2008.

BOUWMAN, A. F. (Ed.) **Soils and the greenhouse effect**. Chichester: J. Wiley, 1990. 575 p.

BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito seqüências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 91-98, jan./abr. 1990.

BROOKES, P. C.; LANDMAN, A.; PRUDEN, G.; JENKINSON, D. S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 17, n. 6, p. 837-842, 1985.

COSTA, A. R. da; MADARI, B. E.; MACHADO, P. L. A. O.; JANTALIA, C. P.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R. Emissão de óxido nitroso derivada da cultura de arroz de terras altas sob plantio direto em um Latossolo dos Cerrados de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. **Conquistas e desafios da ciência do solo brasileira**. Porto Alegre: SBCS, 2007. 1 CD-ROM.

COSTA, M. C. G.; VITTI, G. C.; CANTARELLA, H. Volatilização de $N-NH_3$ de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 4, p. 631-637, jul./ago. 2003.

COTTON, W. R.; PIELKE, R. A. **Human impacts on weather and climate**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 288 p.

D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J. O.; CARNEIRO, M. A. C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do Cerrado no sul do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 913-923, out./dez. 2002.

DA ROS, C. O.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Volatilização de amônia com a aplicação de uréia na superfície do solo, no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 35, n. 4, p. 799-805, jul./ago. 2005.

EICHNER, M. J. Nitrous oxide emissions from fertilized soils: summary of available data. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 19, n. 2, p. 272-280, Apr./June 1990.

GOIÁS. Secretaria do Planejamento e Desenvolvimento. **Goias em dados 2007**. Disponível em: < http://www.seplan.go.gov.br/sepin/viewnot.asp?id_cad=1165&id_not=4 > . Acesso em: 28 abr. 2008.

GONÇALVES, C. E. A. **Estudo da produção de óxido nítrico em cultivo de feijão (*Phaseolus vulgaris*)**. 2002. 89 p. Dissertação (Mestrado em Geofísica Espacial) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

HILTON, B. R.; FIXEN, P. E.; WOODWARD, H. J. Effects of tillage, nitrogen placement, and wheel compaction on denitrification rates in the corn cycle of a corn-oats rotation. **Journal of Plant Nutrition**, Madison, v. 17, n. 8, p. 1341-1357, 1994.

IPCC. **Climate change 1995: impacts, adaptations and mitigation of climate change - scientific technical analysis**. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 878 p.

KAISER, E. A.; KOHRS, K.; KUCKE, M.; SCHNUG, E.; HEINEMEYER, O.; MUNCH, J. C. Nitrous oxide release from arable soil: importance of N-fertilization, crops and temporal variation. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 30, n. 12, p. 1553-1563, Oct. 1998.

KLEIN, C. de; NOVOA, R. S. A.; OGLE, S.; SMITH, K. A.; ROCHETTE, P.; WIRTH, T. C.; McCONKEY, B. G.; MOSIER, A.; RYPDAL, K. N₂O emissions from managed soils, and CO₂ emissions from lime and urea application. In: IPCC. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Chapter 11. Disponível em: < http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_11_Ch11_N2O&CO2.pdf > . Acesso em: 19 fev. 2008.

LARA, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O. Eficiência de um coletor semi-aberto estático na quantificação de N-NH₃ volatilizado da uréia aplicada ao solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 3, p. 345-352, 1990.

LARA CABEZAS, W. A. R.; KORNDORFER, G. H.; MOTTA, S. A. Volatilização de N-NH₃ na cultura do milho: II. Avaliação de fontes sólidas e fluídas em sistema de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 21, n. 3, p. 489-496, jul./set. 1997.

LIMA, M. A. de. Agropecuária brasileira e as mudanças climáticas globais: caracterização do problema, oportunidades e desafios. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, DF, v. 19, n. 3, p. 451-472, set./dez. 2002.

LIMA, M. A.; LUIZ, A. J. B.; VIEIRA, R. F.; PESSOA, M. C. P. Y.; NEVES, M. C. **Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa: emissões de óxido nitroso (N₂O) provenientes de solos agrícolas (relatórios de referência)**. Brasília, DF: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2006. 113 p.

MADARI, B. E.; COSTA, A. R. da; JANTALIA, C. P.; MACHADO, P. L. O. de A.; CUNHA, M. B. da; MARTINS, D. R.; SANTOS, J. H. G. dos; ALVES, B. J. R. **Fator de emissão de óxido nitroso (N₂O) para a fertilização com N na cultura do feijoeiro comum irrigado no Cerrado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2007. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 144).

MENGEL, K. Turnover of nitrogen in soil and its availability to crops. **Plant and Soil**, The Hague, v. 181, n. 1, p. 83-93, Apr. 1996.

MOSIER, A. R.; PARTON W. J.; HUTCHINSON, G. L. Modelling nitrous oxide evolution from cropped and native soils. **Ecology Bulletin**, Stockholm, v. 35, p. 229-241, 1983.

NÖMMIK, H. The effect of pellet size on ammonia loss from urea applied to forest soil. **Plant and Soil**, The Hague, v. 39, n. 2, p. 309-318, 1973.

RAO, A. C. S.; SMITH, J. L.; PARR, J. F.; PAPENDICK, R. I. Considerations in estimating nitrogen recovery efficiency by the difference and isotopic dilution methods. **Fertilizer Research**, The Hague, v. 33, n. 3, p. 209-217, 1992.

ROCHETTE, P.; ANGERS, D. A.; BÉLANGER, G.; CHANTIGNY, M. H.; PRÉVOST, D.; LÉVESQUE, G. Emissions of N₂O from alfalfa and soybean crops in Eastern Canada. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, n. 2, v. 68, p. 493-506, Mar./Apr. 2004.

SÁ, J. C. M. de. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: SBCS: UFLA, 1999. p. 297-319.

SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; LECH, V. A.; RAMPAZZO, C. Volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de uréia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 33, n. 4, p. 687-692, jul./ago. 2003.

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. **Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo (BMS-C)**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007a. 6 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado técnico, 98).

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. **Determinação do nitrogênio da biomassa microbiana do solo (BMS-N)**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007b. 6 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado técnico, 96).

SMITH, C. J.; PATRICK, W. H. Nitrous oxide emission as affected by alternate anaerobic and aerobic conditions from soil suspensions enriched with ammonium sulfate. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 15, n. 6, p. 693-697, 1983.

SPEEDING, C. R. W.; LARGE, R. V. A point-quadrat method for the description of pasture in terms of height and density. **Journal of the British Grassland Society**, Aberystwith, v. 12, n. 4, p. 229-344, 1957.

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizer**. 4. ed. New York: Macmillan, 1985. 754 p.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 19, n. 6, p. 703-707, 1987.

VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C- CO_2 e N mineral de um Podzólico Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 1, p. 35-42, jan./mar. 2000.

