

Emissão de gases de efeito estufa associada à umidade, temperatura e nitrogênio disponível no solo sob plantio convencional e direto no Cerrado

ARMINDA MOREIRA DE CARVALHO⁽¹⁾ & MERCEDES MARIA DA CUNHA BUSTAMANTE⁽²⁾

RESUMO - Processos biológicos relacionados à temperatura, umidade e nitrogênio disponível no solo influenciam a dinâmica da matéria orgânica e de nitrogênio, conseqüentemente, a emissão de gases de efeito estufa (GEEs) do solo para a atmosfera. Assim, o objetivo desse trabalho foi relacionar emissão de GEEs (CO₂, NO_x e N₂O) com temperatura, umidade e nitrogênio disponível em Latossolo sob cultivo de milho em rotação com plantas de cobertura em sistemas convencional e plantio direto. Os gases foram coletados em parcelas sob *Crotalaria juncea* L, *Mucuna pruriens* (L.) DC e vegetação espontânea (ausência de culturas em sucessão ao milho). A concentração de CO₂ foi medida por Analisador de Gás infravermelho e o fluxo de NO determinado por meio de uma câmara dinâmica com analisador de quimiluminescência associado a um datalogger. As amostras de N₂O foram coletadas utilizando uma câmara estática e sua concentração analisada por cromatografia gasosa. Amostras de solo foram coletadas (0 a 5 cm) para determinar N-NO₃, N-NH₄ e a umidade do solo. Os valores de teor gravimétrico de água (θ_g) foram convertidos em espaço de poros saturado com água (EPPA). As variações dos fluxos de CO₂ foram explicadas em sua maior parte por EPPA. Porém, a concentração de N-NH₄⁺ também explicou os fluxos de CO₂ no solo sob crotalaria juncea e mucuna-cinza, em sistema convencional e vegetação espontânea no plantio direto. EPPA explicou 38% de variação dos fluxos de NO, nas parcelas sob crotalaria juncea em plantio direto.

Palavras-Chave: fluxos de GEEs, óxido nítrico, óxido nitroso, dióxido de carbono, óxidos de nitrogênio.

Introdução

Alterações na dinâmica da matéria orgânica e de nitrogênio por mecanismos biológicos associados à temperatura, umidade e nitrogênio disponível no solo afetam diretamente a liberação de CO₂ e a mineralização de N, refletindo na emissão de gases de efeito estufa (CO₂, NO e N₂O) para a atmosfera Davidson *et al.*; Carvalho [1, 2]. Aplicações de fertilizantes nitrogenados também contribuem significativamente com as emissões desses gases do

solo para a atmosfera Carvalho *et al.* [3].

O uso de fertilizantes é uma prática frequente na agricultura intensiva no Cerrado, sobretudo, em culturas que demandam elevadas quantidades de nitrogênio, como é o caso do milho. As emissões dos gases de efeito estufa nessas condições podem ser potencializadas pela umidade e aeração do solo, expressas pela percentagem do espaço de poros saturado com água (%EPPA), além da temperatura do solo.

Em Latossolos, com altos teores de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, a microagregação promove aeração e drenagem acentuadas, o que limita a denitrificação e formação de N₂O, mesmo em condições de elevados teores de argila. Em Latossolo recentemente fertilizado, foi possível medir fluxos de NO, enquanto a produção de N₂O não foi detectada Carvalho *et al.*; Metay *et al.*, [3, 4].

O uso de leguminosas que fixam N₂ (por exemplo, mucunas e crotalárias) como cobertura de solo em sistemas agrícolas pode incorporar até mais de 230 kg N ha⁻¹ Ribeiro Júnior & Ramos [5]. Essa prática contribui para redução das quantidades de fertilizantes aplicadas, promovendo mitigação das emissões de gases de efeito estufa.

Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar emissão de gases de efeito estufa e relacionar com temperatura, umidade e nitrogênio disponível em Latossolo Vermelho Amarelo sob cultivo de milho em rotação com plantas de cobertura em sistemas convencional e plantio direto no Cerrado.

Material e Métodos

As coletas dos gases foram efetuadas no ano agrícola 2002/2003, na área experimental da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, a partir do corte das plantas de cobertura (junho e julho de 2002) até a colheita de milho (maio de 2003) e manejo dos resíduos vegetais dessa cultura (junho de 2003). Um dia depois do preparo das parcelas com incorporação e dois dias após aplicação de fertilizantes, em plantio e em cobertura, efetuaram-se medidas de fluxos dos gases CO₂, NO e N₂O no solo. O sistema de cultivo foi rotação de milho e plantas de cobertura (*Crotalaria juncea* L, *Mucuna pruriens* (L.) DC e vegetação espontânea), em Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso, com clima Tropical Estacional (Aw). A testemunha foi ausência de culturas em sucessão ao milho (vegetação espontânea).

⁽¹⁾ Primeiro Autor é Pesquisador da Embrapa Cerrados, Caixa Postal 08223, 73.301-970, Planaltina-DF. E-mail arminda@cpac.embrapa.br

⁽²⁾ Segundo Autor é Professor Associado do Departamento de Ecologia da UnB. CEP 70.919-970, Brasília, DF.

O milho foi cultivado em sistemas com incorporação dos resíduos vegetais (convencional) e plantio direto. A concentração de CO₂ foi medida por Analisador de Gás infravermelho e o fluxo de NO determinado por meio de uma câmara dinâmica com analisador de quimiluminescência associado a um datalogger. Os fluxos de N₂O foram medidos utilizando uma câmara estática e sua concentração analisada por cromatografia gasosa. Amostras de solo foram coletadas (0 a 5 cm) para determinar N-NO₃, N-NH₄ e a umidade do solo. Os valores de teor gravimétrico de água θ_g (g g⁻¹) foram convertidos em espaço de poros preenchido com água (%EPPA), utilizando a seguinte fórmula: % EPPA = ($\theta_g \times ds \times 100$ %)/[1-(ds/dp)] , onde ds é a densidade do solo e dp, a densidade da partícula, expressas em g cm⁻³. As co-variáveis (temperatura do solo, temperatura do ar e umidade do solo) foram avaliadas durante cada coleta de gases de efeito estufa.

Análise de regressão múltipla pelo método estatístico de seleção de variáveis (stepwise) a 5 % de significância foi efetuada com finalidade de se determinar a(s) variável(s) que melhor explica(m) os fluxos de NO e de CO₂. As variáveis medidas durante as coletas foram submetidas a análises de correlações para se evitar que aquelas com elevados coeficientes de correlação (alta colinearidade) fossem testadas juntamente no modelo de regressão múltipla. Para comparar as médias dos fluxos de CO₂, NO e N₂O e, obtidos no solo sob os tratamentos (plantas de cobertura e tipos de preparo do solo) adotou-se o teste não paramétrico de Wilcoxon, a 5% (p < 0,05) de significância. Essas análises foram efetuadas pelo SAS (Statistical Analysis System Intitute, Inc., 1998).

Resultados

Os primeiros picos de emissão de CO₂ e NO durante o ano agrícola foram verificados em setembro, após quatro meses de estresse hídrico, seguido de eventos de chuva a partir de 27 de agosto que proporcionou acúmulo de 21 mm até essa avaliação (Figuras 1 e 2).

Os maiores valores de fluxos de CO₂ em setembro foram obtidos no solo sob plantio direto (P=0,0047; 7,1 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) em relação às parcelas sob sistema convencional (P=0,0047; 5,7 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). No período de chuva e na transição dessa estação para a época seca esses picos ocorreram, geralmente, em seguida à fertilização da cultura de milho, nas avaliações de novembro, dezembro e janeiro (Figura 1). O modelo de regressão múltipla (*stepwise*) explicou variações dos fluxos de CO₂ (Tabela 1) em 33% e 53% pelo espaço de poros saturado com água - % EPPA (0 a 5 cm) nas parcelas sob uso de crotalária juncea em plantio direto (P = 0,0074; R² = 0,528) e sob vegetação espontânea no sistema convencional (P = 0,0511; R² = 0,329). Já nas parcelas sob crotalária juncea com incorporação (sistema convencional), a variação nas emissões de CO₂ foram explicadas pela concentração de N-NH₄ em 47%, (P = 0,0144; R² = 0,467). Esse

modelo também explicou aproximadamente 71% da variação fluxos de CO₂, medidos nas parcelas sob vegetação espontânea em plantio direto (Tabela 1), ao inserir as variáveis explicativas %EPPA (P=0,032; R_p² = 0,597) e concentração de N-NH₄ no solo (P = 0,094; R_p² = 0,113). No caso de mucuna-cinza em plantio direto, o modelo explicou cerca de 80% da variação dos fluxos com as variáveis %EPPA (P = 0,0018; R_p² = 0,639) e temperatura do solo (P = 0,028; R_p² = 0,156) incluídas no modelo. No manejo com incorporação (sistema convencional), o modelo explicou 80% da variação, incluindo as seguintes variáveis: concentração de N-NH₄ (P = 0,0012; R_p² = 0,665), EPPA (P = 0,1288; R_p² = 0,081) e temperatura do solo (P = 0,1474; R_p² = 0,062).

Os maiores valores de fluxos de NO em setembro foram obtidos na parcela sob uso de mucuna-cinza (8,2 ng N-NO cm⁻² h⁻¹; P = 0,0087), enquanto o menor fluxo foi determinado sob vegetação espontânea no sistema convencional (1,0 ng N-NO cm⁻² h⁻¹). Nesse caso, também foram observados valores mais elevados de emissões associados à fertilização da cultura de milho e à ocorrência de chuvas (Figura 2). A variável %EPPA (profundidade de 0 a 5 cm) explicou significativamente 38% de variação dos fluxos de NO, nas parcelas sob uso de crotalária juncea em plantio direto (P=0,0316; R²=0,38) e 23% no caso de vegetação espontânea no sistema convencional (P=0,0907; R²=0,23). Entretanto, o N-NH₄ disponível no solo não contribuiu para explicar significativamente as variações nos fluxos de NO (Tabela 1) similarmente às emissões de CO₂.

A maior parte dos valores de N₂O (Figura 3) no solo foi inferior ao nível de detecção do aparelho (< 0,6 ng N-N₂O cm⁻² h⁻¹). Porém, os fluxos de N₂O determinados após a semeadura do milho foram mais elevados (1,8 ng N-N₂O cm⁻² h⁻¹; P=0,0071), com maiores valores obtidos no sistema convencional. Os picos de 3,2 ng N-N₂O cm⁻² h⁻¹, 2,9 ng N-N₂O cm⁻² h⁻¹ e 1,9 ng N-N₂O cm⁻² h⁻¹ foram medidos nas parcelas sob uso de mucuna-cinza, vegetação espontânea e crotalária juncea, respectivamente. Entretanto, as medidas apresentaram acentuada variabilidade (Figura 3). Em janeiro, similarmente ao NO, o valor médio de fluxos foi o mais elevado (5,3 ng N-N₂O cm⁻² h⁻¹). Em maio, foram medidos picos nas parcelas sob mucuna-cinza (2,5 ng N-N₂O cm⁻² h⁻¹; P=0,0054) e vegetação espontânea, (5,2 ng N-N₂O cm⁻² h⁻¹; P=0,0054), no sistema plantio direto.

Discussão

A percentagem do espaço de poros saturado com água, temperatura e N-NH₄ disponível no solo atuam no sentido de estimular respiração de raízes e de microrganismos, conseqüentemente, as emissões de CO₂ para a atmosfera. A qualidade do material vegetal da mucuna-cinza, que possui maior proporção de carbono do grupo aromático com elevada resistência à decomposição pode estar relacionada às emissões determinadas após dois meses do corte desta leguminosa Carvalho *et. al.*; Carvalho *et. al.*, [6, 7].

Apesar de o N-NH₄⁺ disponível no solo não explicar os fluxos de NO (modelo de regressão múltipla), as medidas efetuadas depois das aplicações de fertilizantes, na semeadura e em cobertura, resultaram em fluxos mais

elevados quando acompanhadas de precipitação pluviométrica. A fonte (uréia) e a forma de aplicação (cobertura na superfície) desse elemento devem ter favorecido as emissões depois da fertilização e quando na presença de maior quantidade de precipitação acumulada Carvalho *et al.* [3].

A incorporação dos resíduos efetuada anteriormente à semeadura do milho promoveu maior aeração do solo, o que não deveria ter estimulado a emissão de N₂O e sim de NO Carvalho *et al.*; Metay *et al.*, [3, 4]. Porém, sítios anaeróbicos podem ter sido formados quando da entrada de matéria orgânica, durante a incorporação de resíduos, promovendo aumento da respiração e consumo de O₂. Os picos de N₂O medidos em abril, mesmo em condições de baixa precipitação pluviométrica, são explicados, possivelmente, pela decomposição lenta de material mais lignificado da mucuna-cinza Carvalho *et al.*; Carvalho *et al.*, [6, 7] e compactação nas áreas sob vegetação espontânea.

Conclusões

Os resultados obtidos nesta pesquisa mostram incrementos das emissões de gases de efeito estufa (CO₂ e NO) devido à fertilização nitrogenada associada à umidade, temperatura e aeração do solo.

Referências

- [1] DAVIDSON, E.A.; BUSTAMANTE, M.M.C.; PINTO, A.S. 2001. Emissions of nitrous oxide and nitric oxide from soils of native and exotic ecosystems of the Amazon and Cerrado regions of Brazil. **The Scientific World**, 1: 312-319.
- [2] CARVALHO, A.M. de. 2005. Uso de plantas condicionadoras com incorporação e sem incorporação no solo: composição química e decomposição dos resíduos vegetais; disponibilidade de fósforo e emissão de gases.. 199p. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília, Brasília.
- [3] CARVALHO, A.M.; BUSTAMANTE, M.M.C., KOZOVITS, A.R.; MIRANDA, L.N.; VIVALDI, L.J.; SOUSA, D.M. 2006. Emissões de NO e N₂O associadas à aplicação de uréia sob plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p. 679-685.
- [4] METAY, A.; OLIVER, R.; SCOPEL, E.; DOUZET, J-M.; MOREIRA, J.A.A.; MARAUX, F.; FEIGL, B.J.; FELLER, C. 2007. N₂O and CH₄ emissions from soils under conventional and no-till management practices in Goiânia (Cerrados, Brazil). *Geoderma*, v. 141, p.78-88.
- [5] RIBEIRO JÚNIOR, W.Q.; RAMOS, M.L.G., 2006 Fixação biológica de nitrogênio em espécies para adubação verde. In: CARVALHO, A.M. de; AMABILE, R.F. (eds). **Cerrado: adubação verde**. Embrapa Cerrados, Brasília, Brasil. p. 171 – 209.
- [6] CARVALHO, A. M.de; BUSTAMANTE, M.M.C. ; GERALDO JUNIOR, J. ; VIVALDI, L. J. 2008. Decomposição de resíduos vegetais em Latossolo sob cultivo de milho e plantas de cobertura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo.*, v.32, 2831-2838.
- [7] CARVALHO, A.M.DE; BUSTAMANTE, M.M.C.; ALCÂNTARA, F.A DE. ; RESCK, I. S. ; LEMOS, S. S. 2008. Characterization by solid-state CPMAS ¹³C NMR spectroscopy of decomposing plant residues in conventional and no-tillage systems in Central Brazil. *Soil & Tillage Research*, v. 101, p. 100-107.

Tabela 1. Coeficientes de regressão parcial (R_p^2) e do modelo (R_T^2) de regressão múltipla de seleção de variáveis para explicar as variações dos fluxos de NO e CO₂, ano agrícola 2002/2003, Planaltina, DF.

Planta de cobertura	C-CO ₂		
	EPPA	N-NH ₄	TS a 5 cm
Crotalária juncea (PD)	P = 0,0074; F=11,2; R_T^2 = 0,528		
Crotalária juncea (c/. inc.)		F=8,75; P=0,0144; R_T^2 = 0,467	
Mucuna-cinza (PD)	P = 0,0018; F=17,73; R_p^2 = 0,639; Modelo: P = 0,0018; F=17,46; R_T = 0,795		P=0,028; F=6,84; R_p^2 = 0,156
Mucuna-cinza (c/. inc.)	P = 0,1288; F = 2,88 R_p^2 = 0,081	P=0,0012; F=19,89; R_p^2 = 0,665; Modelo: P=0,0031; F = 11,23 R_T^2 = 0,808	P=0,1474; F = 2,57 R_p^2 = 0,062
Vegetação espontânea (PD)	P = 0,032; F=14,81; R_p^2 = 0,597	P = 0,038; F = 11,01; R_p^2 = 0,113 Modelo: P = 0,094; F=3,50; R_T = 0,71	
Vegetação espontânea (c/. inc.)	P = 0,0511; F=4,91; R_T^2 = 0,329		
Tratamentos	N-NO		
	% EPPA		
Crotalária juncea (PD).	P = 0,0316; F=6,23; RT2 = 0,384		
Vegetação espontânea (c/. inc.)	P = 0,0907; F=3,51; RT2 = 0,2309		

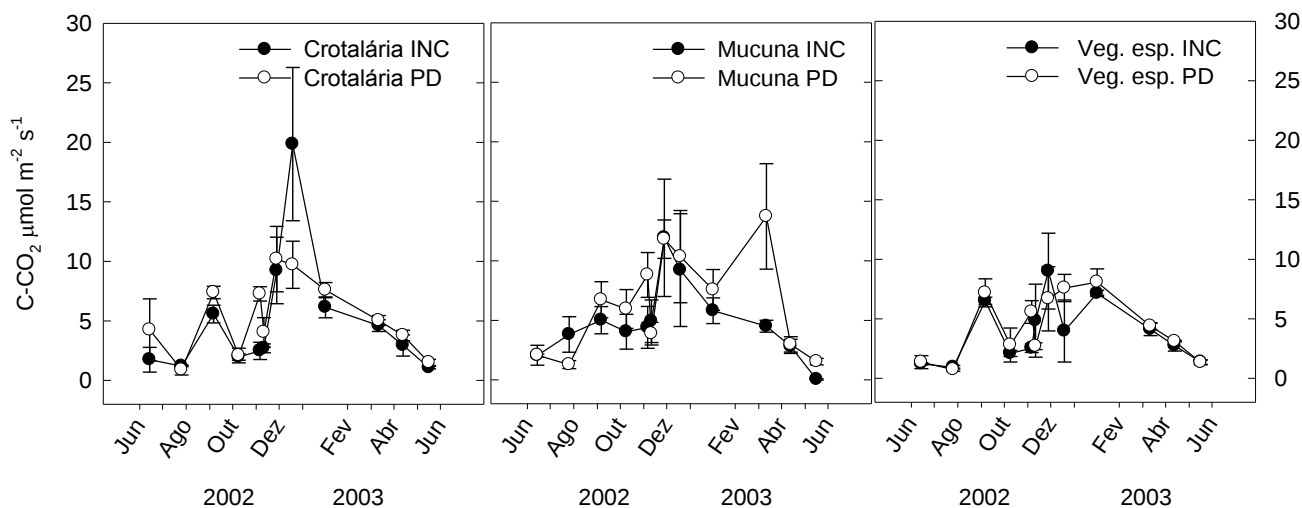


Figura 1. Fluxos de CO₂ (média ± DP) medidos em solo sob uso de plantas de cobertura, com incorporação (INC) e sem incorporação (PD) dos resíduos vegetais. Planaltina, DF.

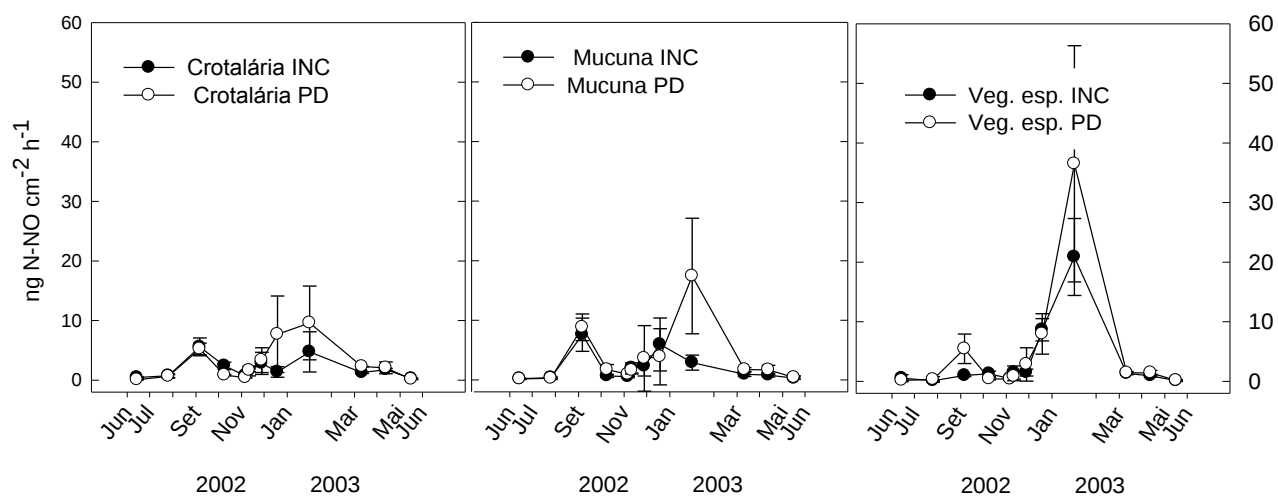


Figura 2. Fluxos de NO (média $\pm$ DP) medidos em solo sob plantas de cobertura, com incorporação (INC) e sem incorporação (PD) dos resíduos vegetais. Planaltina, DF.

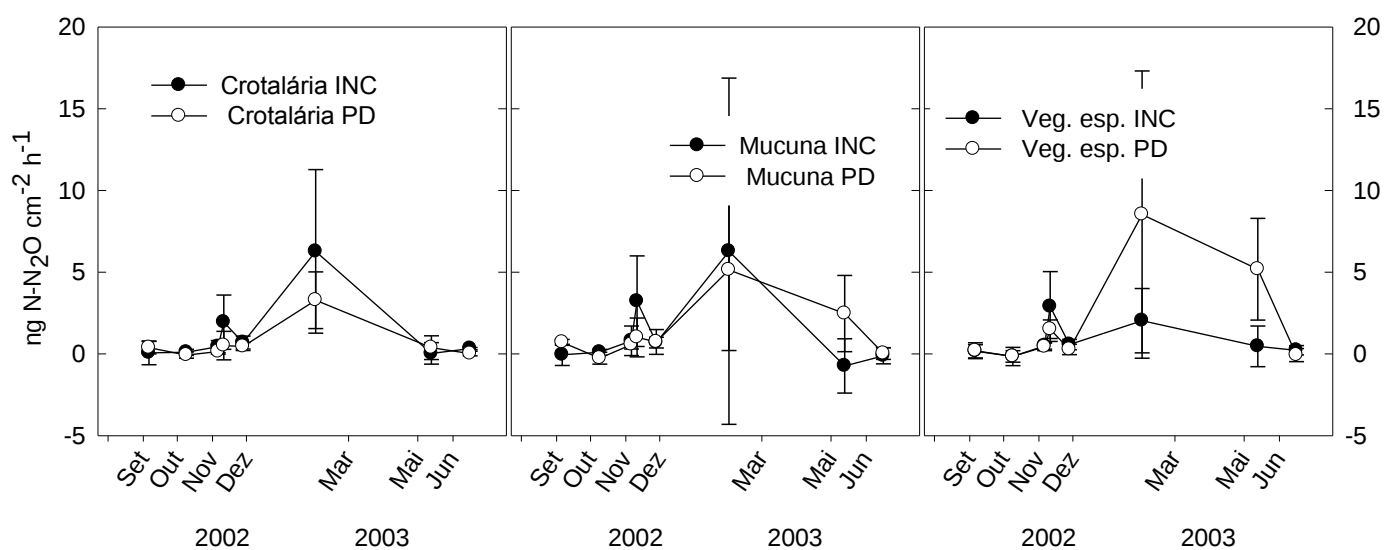


Figura 3. Fluxos de N₂O (média $\pm$ DP) medidos em solo sob plantas de cobertura, com incorporação (INC) e sem incorporação (PD) dos resíduos vegetais. Planaltina, DF.