

Emissões de NO, N₂O e CO₂ em Agroecossistemas do Cerrado



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 188

Emissões de NO, N₂O e CO₂ em Agroecossistemas do Cerrado

*Arminda Moreira de Carvalho
Mercedes Maria da Cunha Bustamante*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza

Caixa Postal 08223

CEP 73310-970 Planaltina, DF

Fone: (61) 3388-9898

Fax: (61) 3388-9879

<http://www.cpac.embrapa.br>

sac@cpac.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *José de Ribamar N. dos Anjos*

Secretário-Executivo: *Maria Edilva Nogueira*

Supervisão editorial: *Fernanda Vidigal Cabral de Miranda*

Revisão de texto: *Francisca Elijani do Nascimento*

Normalização bibliográfica: *Rosângela Lacerta de Castro*

Editoração eletrônica: *Jussara Flores de Oliveira*

Capa: *Leila Sandra Gomes Alencar*

Impressão e acabamento: *Divino Batista de Sousa*

Jaime Arbues Carneiro

Impresso no Serviço Gráfico da Embrapa Cerrados

1ª edição

1ª impressão (2007): tiragem 100 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 Cerrados

C331e Carvalho, Arminda Moreira de.

Emissões de NO, N₂O e CO₂ em agroecossistemas do Cerrado/
Arminda Moreira de Carvalho, Mercedes Maria da Cunha Bustamante. –
Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2007.

26 p. — (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111 ; 188)

1. Emissão de gases. 2. Dióxido de carbono. 3. Óxido nítrico.
4. Óxido nitroso. 5. Cerrado.
I. Bustamante, Mercedes Maria da Cunha. II. Título. III. Série.

631.4 - CDD 21

© Embrapa 2007

Autores

Arminda Moreira de Carvalho

Eng. Agrôn., D.Sc., Pesquisadora da Embrapa
Cerrados
arminda@cpac.embrapa.br

Mercedes Maria da Cunha Bustamante

Biól., Ph.D., Professora do Departamento de Ecologia
da UnB
70.919-970, Brasília, DF
mercedes@unb.br

Apresentação

O aumento das emissões de gases de efeito estufa tem sido atribuído, principalmente, a queima de combustíveis fósseis, urbanização, desmatamentos e queimadas. Nesse contexto, práticas agrícolas como aplicações de fertilizantes, revolvimento do solo e incorporação de resíduos, irrigação e drenagem são consideradas com elevado potencial para incrementar as emissões de NO, N₂O e CO₂ do solo para atmosfera. A divulgação dos últimos relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima e a constatação de que o aquecimento global decorre das emissões de gases de efeito estufa têm mobilizado a comunidade internacional a buscar soluções para essas mudanças climáticas. O monitoramento dos fluxos de gases de efeito estufa no solo é fundamental para atender às demandas constantes por inventários e práticas mitigadoras das emissões de gases em agroecossistemas no Cerrado. Assim, o balanço de NO, N₂O e CO₂ do solo, caracterizando-o como fonte ou dreno, é fundamental para avaliar os impactos ambientais de agroecossistemas.

Roberto Teixeira Alves
Chefe-Geral da Embrapa Cerrados

Sumário

Introdução	9
Emissões de óxido nítrico (NO), óxido nitroso (N ₂ O) e do dióxido de carbono (CO ₂) do solo para atmosfera	10
Efeitos da fertilização e dos sistemas de manejos sobre a emissão de gases de efeito estufa	13
Emissão de gases de nitrogênio e dióxido de carbono em agroecossistemas do Cerrado	14
Fluxo de NO	15
Fluxo de N ₂ O	16
Fluxo de CO ₂	16
Resultados obtidos em agroecossistemas de cerrado com uso de plantas de cobertura	17
Considerações finais	20
Referências	21
Abstract	26

Emissões de NO, N₂O e CO₂ em Agroecossistemas do Cerrado

Arminda Moreira de Carvalho

Mercedes Maria da Cunha Bustamante

Introdução

As concentrações atmosféricas de NO, N₂O e CO₂ têm aumentado rapidamente em virtude das atividades antropogênicas, como queima de combustíveis fósseis, urbanização, desmatamento, queimadas e atividades agropecuárias. Dentre as práticas agrícolas, a fertilização, o revolvimento do solo e incorporação de resíduos vegetais, a irrigação e a drenagem destacam-se por seus impactos no aumento das emissões desses gases ([CARVALHO, 2005](#); [CARVALHO et al., 2006](#)). Estima-se que o desmatamento e a agricultura contribuem com 25 %, 65 % e 90 % do total das emissões de CO₂, CH₄ e N₂O, respectivamente ([DUXBURY et al., 1994](#)).

O potencial de aquecimento do N₂O é cerca de 200 vezes superior ao do CO₂. O óxido nítrico (NO) exerce um importante papel na regulação do O₃ da troposfera. Esse gás (NO) não atinge a estratosfera, e sua presença nas camadas superiores da atmosfera deve-se à oxidação do N₂O. Uma vez presente nessa camada, o NO reage com o O₃, reduzindo sua concentração e a absorção dos raios ultravioletas ([DAVIDSON et al., 2001](#)).

Ecossistemas nos quais as emissões de CO₂ excedem as assimilações na forma de produção primária são considerados como fontes desse gás. Ao contrário, se a acumulação predomina sobre a liberação, considera-se como

dreno de CO₂. Portanto, o balanço entre o carbono perdido pelo processo de respiração e o carbono acumulado como matéria orgânica conduz o solo à função de fonte ou dreno de CO₂. Essa função do solo depende fundamentalmente do seu uso e de seu manejo quando sob conversão da vegetação nativa aos sistemas agropastoris ([FERREIRA, 2002](#)).

Medidas de emissões de CO₂ a partir da mudança de uso da terra no Brasil mostraram decréscimo de 11 g CO₂ m⁻²ano⁻¹ para 5,5 g CO₂ m⁻²ano⁻¹ de 1970 até 1995, enquanto, no Distrito Federal, os fluxos de CO₂ foram mantidos em níveis elevados (> 30 g CO₂ m⁻²ano⁻¹) ([BERNOUX et al., 2001](#)). Deve-se considerar que o período em estudo corresponde à grande expansão da agricultura no Cerrado, caracterizada pelos sistemas de produção intensivos, com utilização de monoculturas e altas doses de fertilizantes e pesticidas, além de mecanização pesada ([KER et al., 1992](#); [SILVA et al., 1994](#)).

Emissões de óxido nítrico (NO), óxido nitroso (N₂O) e do dióxido de carbono (CO₂) do solo para atmosfera

As emissões dos gases de efeito estufa estão relacionadas com uma série de fatores bióticos e abióticos do solo, incluindo matéria orgânica, comunidade microbiana e de plantas, estrutura de sedimentos, umidade, temperatura e aeração, além dos teores de nutrientes e pH ([JOHANSSON; SANHUEZA, 1988](#); [JOHANSSON et al., 1988](#); [SANHUEZA et al., 1990](#); [DAVIDSON et al., 1993](#)).

Os gases de nitrogênio (NO e N₂O) são produzidos pela nitrificação e desnitrificação, sendo que a nitrificação produz relativamente mais NO, e a desnitrificação é o processo dominante na produção do N₂O. Sob condições de adequada aeração do solo e com disponibilidade de nitrogênio na forma de NH₄⁺, a nitrificação resulta em NO. Assim, solos de textura arenosa favorecem a nitrificação, enquanto em solos argilosos, principalmente, quando a umidade é elevada e o NO₃⁻ é a principal forma de nitrogênio no solo, predomina a desnitrificação (JOHANSSON; SANHUEZA, 1988; JOHANSSON

et al., 1988; [BAKWIN et al., 1990](#); [SANHUEZA et al., 1990](#); [DAVIDSON et al., 1993](#)). A nitrificação é a fonte predominante de emissão de NO em solos bem drenados, como os latossolos que predominam no Cerrado. Esses fluxos têm sido positivamente relacionados às concentrações de NH₄⁺ no solo ([SKIBA et al., 1993](#); DAVIDSON et al., 1993).

A emissão dos gases de nitrogênio está relacionada com a sua produção (biótica e abiótica), consumo e difusão através do solo. A umidade é um dos principais fatores envolvido nesses processos. A produção de gases de nitrogênio é observada minutos após a adição de água, ocorrendo pulsos de emissões de gases pelo molhamento do solo extremamente seco. Sugere-se que, nessas condições, o NO₂⁻ se acumulou durante a estação seca prolongada, e o pulso de NH₄⁺ foi consumido dentro de horas ou dias após a adição da água. As bactérias nitrificantes e denitrificantes parecem bem adaptadas às condições de extrema aridez, tornando-se ativas após minutos da adição da água ao solo ([DAVIDSON, 1992](#); DAVIDSON et al., 1993; [VOS et al., 1994](#); [DAVIDSON et al., 2001](#); [VARELLA et al., 2004](#)).

O espaço de poros preenchido por água (EPPA) é um dos parâmetros que melhor se relaciona com as emissões dos gases de nitrogênio. Considera-se que, no intervalo de 30 % até 60 % do EPPA, predominam reações de nitrificação, e, conseqüentemente, as emissões de NO. Se mais de 60 % do espaço de poros estiver preenchido pela água, reações de desnitrificação prevalecerão, resultando em N₂O e N₂ em solos encharcados (VERCHOT et al., 1999; DAVIDSON et al., 2000).

A qualidade dos resíduos vegetais, expressa pela razão C:N, indica a disponibilidade de nitrogênio nos ecossistemas, sendo que relações C:N mais baixas, como no caso das leguminosas, produzem altas taxas de N mineralizável durante sua decomposição e devem favorecer as emissões dos gases de nitrogênio (DAVIDSON et al., 2000).

Quando o solo está suprido adequadamente em NO₃⁻ e NO₂⁻, o carbono orgânico é o fator limitante às reações de desnitrificação. [Doran \(1980\)](#) verificou que o incremento da matéria orgânica na superfície do solo pelo uso do plantio direto aumentou a nitrificação por microrganismos, resultando num maior potencial para a produção dos gases de nitrogênio.

[Keller et al. \(2000\)](#) atribuíram o aumento nas emissões dos gases de nitrogênio no ato de instalação das câmaras ao fornecimento de substratos de carbono. Deve-se considerar, ainda, a redução da absorção de nutrientes devido à morte de raízes, especialmente das finas, e à diminuição da absorção de água, aumentando a umidade do solo. Os autores concluíram que a mortalidade de raízes é um importante precursor da emissão de gases de nitrogênio em solos tropicais.

Os fatores que favorecem a atividade microbiana como: preparo do solo, incorporação de resíduos, decomposição da matéria orgânica, fertilização, irrigação, temperatura, qualidade do substrato orgânico, disponibilidade de nutrientes, pH, dentre outros, também podem atuar no desenvolvimento de microsítios de desnitrificação ([PARKIN, 1987](#); [AULAKH et al., 1991](#); [DAVIDSON et al., 1996](#)) e contribuir com a variabilidade temporal e espacial nas emissões dos gases de nitrogênio. Por outro lado, a respiração do solo é aceita como a mais representativa manifestação da atividade biológica do solo, sendo que o entendimento dos fluxos de CO₂ pelas mudanças no uso da terra contribui para a interpretação de outros fluxos como os de NO e N₂O ([SANHUEZA et al., 1994](#)).

A respiração do solo, que é influenciada por variáveis climáticas como umidade e temperatura ([FERREIRA, 2002](#); [PINTO, 2003](#)), quando associada aos substratos favoráveis à decomposição, influencia as emissões de CO₂. [Lal \(2002\)](#) considera que, além da biomassa radicular, o seu conteúdo de lignina e de suberina é um importante parâmetro para se relacionar com a emissão de CO₂.

A respiração do solo é um processo que reflete atividades biológicas (micro e macrorganismos, raízes de plantas) e bioquímicas, a qual é evidenciada pela produção de CO₂. Portanto, a respiração microbiana não é função somente da densidade dos organismos, mas também da sua condição metabólica, que depende de propriedades físicas e químicas do solo como temperatura, porosidade, teor de água, nutrientes e pH ([FERREIRA, 2002](#)).

Sistemas de reflorestamento, plantio direto e pastagens, sem preparo do solo, resultaram em maior acúmulo de carbono (depósito ou dreno) em relação aos que utilizaram revolvimento do solo e foram considerados drenos de CO₂ em solo de Cerrado ([CORAZZA et al., 1999](#)).

Os fluxos de CO₂ do solo em áreas sob uso agrícola podem ser reduzidos pelo emprego de sistemas de preparo do solo que resultem em matéria orgânica estável, mais resistente à degradação. A manutenção do carbono imobilizado como húmus, além de retê-lo na forma de matéria orgânica estável e agir como fonte de nutrientes, é substrato para os microrganismos e um componente da agregação dos solos ([RESCK, 1998](#); [BRONICK; LAL, 2005](#)).

Efeitos da fertilização e dos sistemas de manejos sobre a emissão de gases de efeito estufa

As emissões de gases de nitrogênio em solos agrícolas devem estar fortemente associadas à fertilização. Mas, algumas variáveis do solo como umidade, espaço de poros preenchido por água, temperatura e aeração contribuem no sentido de potencializar ou não o efeito dessa prática. Deve-se considerar, ainda, a aplicação desse elemento, se em forma de uréia, nitrato ou amônia, se em superfície ou incorporado, na linha de semeadura ou na entre linhas, dentre outros fatores ([DAVIDSON et al., 1996](#); [CARVALHO et al., 2006](#)).

As emissões de NO e de N₂O em solos ácidos de savanas foram fracamente estimuladas pela adição de NH₄⁺. Mas, a associação de NO₃⁻ e NH₄⁺ (NH₄NO₃) favoreceu a emissão desses gases, resultando em maiores fluxos do que quando se aplicou o NO₃⁻ separadamente ([SANHUEZA et al., 1994](#)).

Áreas sob sistemas com e sem preparo do solo diferenciaram-se quanto às emissões de NO, com o incremento de emissão desse gás após o preparo de solo atribuído ao aumento de NO₃⁻, às mudanças nas taxas de transporte dentro solo, como o aumento da porosidade e a superfície do solo diretamente em contacto com a atmosfera ([CÁRDENAS et al., 1993](#); [RONDÓN et al., 1993](#); SANHUEZA et al., 1994).

As maiores emissões de N₂O medidas em áreas sob cana-de-açúcar coincidiram com as mais altas concentrações de NH₄⁺. Porém, aproximadamente 40 % do fertilizante aplicado sobre a linha de irrigação

foram convertidos para N orgânico após quatro dias da aplicação, possivelmente, pela imobilização microbiana ([DAVIDSON et al., 1996](#)).

Maiores perdas gasosas de carbono (CO₂) têm sido observadas imediatamente após o preparo do solo em relação ao plantio direto. Os principais fatores aos quais se atribui esse comportamento são a quebra na estrutura, o que facilita as trocas entre o CO₂ e o oxigênio da atmosfera, e as mudanças biológicas pelo maior contacto dos resíduos com o solo, incrementando a atividade microbiana. Porém, como a respiração do solo está associada à disponibilidade de C para a biomassa, ela poderá ser mais elevada na camada superficial sob plantio direto com elevada atividade biológica, resultando na maior produção de CO₂ sob este sistema de manejo ([CARVALHO, 2005](#)). Sanhueza et al. (1994) concluíram que o curto tempo após a aração foi insuficiente para afetar os processos biológicos que deveriam resultar na produção de CO₂.

O uso de leguminosas como o feijão-bravo-do-ceará e o guandu nos sistemas agrícolas, que fixam nitrogênio, incorporando até 230 kg ha⁻¹ N ([CARVALHO et al., 1999](#)), aumenta os teores de N no solo, e, conseqüentemente, contribui para o incremento das emissões dos gases de nitrogênio (NO e N₂O). Os fluxos de CO₂ também poderão ser influenciados pela qualidade dos resíduos deste material vegetal como reflexo da decomposição e da respiração radicular e microbiana (CARVALHO, 2005).

Emissão de gases de nitrogênio e dióxido de carbono em agroecossistemas do Cerrado

Inúmeras pesquisas relacionadas às emissões de gases de efeito estufa já vêm sendo desenvolvidas nas savanas, incluindo as mudanças de uso da terra que devem estar afetando os fluxos do solo para a atmosfera ([JOHANSSON; SANHUEZA, 1988](#); [SANHUEZA et al., 1990](#); [MEIXNER et al., 1997](#)). Entretanto, na região do Cerrado, esses estudos são bastante limitados, concentrando-se no bioma sob vegetação natural e enfocando principalmente o efeito do fogo e da sazonalidade de ocorrência de chuvas

([POTH et al., 1995](#); [ANDERSON; POTH, 1998](#); [DAVIDSON et al., 2001](#); [FERREIRA, 2002](#); [PINTO et al., 2002](#); [PINTO, 2003](#); [VARELLA et al., 2004](#), [CARVALHO, 2005](#)). Em relação às áreas sob conversão, principalmente para uso agrícola, essas medidas são raras e no caso do NO são praticamente indisponíveis (DAVIDSON et al., 2001).

As emissões de óxido nítrico (NO) em savanas africanas, medidas nos sítios sob vegetação natural, agricultura e pastagens, mostraram variações de 0,64 a 56 ng N m⁻² s⁻¹, com os menores fluxos na estação seca e os mais elevados na estação chuvosa ([MEIXNER et al., 1997](#)). Ocorreram picos de fluxos de NO quando fortes chuvas ocorreram após longos períodos de estiagem, e essas emissões foram mais elevadas nas áreas fertilizadas (27,2 ng N m⁻² s⁻¹) do que naquelas que não receberam fertilizantes (8,5 ng N m⁻² s⁻¹). Esse resultado indica acentuada atividade dos microrganismos e produção de NO sob condições de adequada disponibilidade de nutrientes e de umidade do solo.

Fluxo de NO

[Anderson e Poth \(1998\)](#) relataram aumentos nos fluxos de NO após o molhamento de solos do Cerrado que sofreram queimadas, permanecendo elevados ao longo de três dias. Os autores atribuíram essa emissão à quimiodesnitrificação, favorecida pelo baixo pH desses solos. Entretanto, houve ação indireta das reações de nitrificação, produzindo o NO₂ que foi reduzido a NO. No final da estação seca, as concentrações de NH₄⁺ tendem a ser elevadas devido à supressão da atividade microbiana pelo estresse hídrico durante um longo período. Assim, estabelece-se um substrato potencial para os picos de emissão de NO que ocorrem após as primeiras chuvas nessa região. Os fluxos de N₂O medidos por Anderson e Poth (1998) não atingiram valores detectáveis, concordando com um grande número de pesquisas desenvolvidas em solos com boa aeração como os de Cerrado (DAVIDSON et al., 2001; PINTO et al., 2002; PINTO, 2003; VARELLA et al., 2004; [CARVALHO et al., 2006](#)).

Pinto et al. (2002) observaram, em latossolos, que as primeiras chuvas ocorridas em agosto aumentaram o fluxo de NO, com efeitos mais pronunciados nas áreas que foram queimadas. Entretanto, um mês mais tarde, os fluxos retornaram aos valores anteriores à chuva. O maior fluxo

de NO ocorreu quando o solo estava na sua capacidade de campo, possivelmente, pela liberação do nitrogênio inorgânico que estava imobilizado no solo seco e a reativação das bactérias sob estresse hídrico que metabolizaram o excesso de nitrogênio.

[Varella et al. \(2004\)](#) determinaram menores fluxos de NO sob pastagem antiga ($<0,1 \text{ ng N m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) em relação ao Cerrado natural ($0,6 \text{ ng N m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

Fluxo de N₂O

A maioria dos fluxos de N₂O nos solos sob vegetação natural do Cerrado são inferiores ao limite de detecção ($0,6 \text{ ng N}_2\text{O-N cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$), e nem a simulação de chuva resulta em aumentos relevantes de seu fluxo ([PINTO et al., 2002](#); [DAVIDSON et al., 2001](#); [PINTO, 2003](#); [VARELLA et al., 2004](#)). Porém, Pinto (2003) encontrou fluxos de N₂O de $9,5 \text{ ng N m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ após adição de água em pastagem jovem. O valor do EPPA estava em 60 %, e os fluxos de N₂O variaram amplamente ($3,8$ a $19,2 \text{ ng N m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

[Saminêz \(1999\)](#) observou maior média mensal de fluxo de N₂O no final do ciclo da soja (abril), que já se encontrava em senescência não consumindo o nitrogênio fixado durante seu ciclo vegetativo.

[Cardoso et al. \(2001\)](#) estimaram as maiores emissões médias de N₂O sob a cultura de soja, seguido de pastagem, pastagem consorciada com leguminosas e o Cerrado natural, que resultou nos menores fluxos desse gás. As emissões de óxido nitroso foram extremamente baixas, com os maiores valores registrados no início do período chuvoso.

Fluxo de CO₂

Pinto et al. (2002) observaram incrementos nos fluxos de CO₂ devido à adição de água, com valores mais elevados na pastagem consorciada ($8,3 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) em relação à pastagem tradicional ($5,0 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). [Ferreira \(2002\)](#) observou média anual de $1,6 \text{ kg C-CO}_2 \text{ h}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ (Cerrado) e de $1,3 \text{ kg C-CO}_2 \text{ h}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ (plantio direto). Os demais sistemas de preparo do solo, com incorporação de resíduos, resultaram em fluxo médio de

0,97 C-CO₂ h⁻¹ ha⁻¹. As emissões mais elevadas desse gás foram observadas no período chuvoso, indicando que o clima estacional é o maior responsável pelas emissões de CO₂.

Resultados obtidos em agroecossistemas de cerrado com uso de plantas de cobertura

Em agroecossistemas de Cerrado, foram observados fluxos anuais mais elevados de CO₂ (22 Mg C-CO₂ ha⁻¹ ano⁻¹) em áreas sob plantio direto e quando leguminosas foram empregadas como planta de cobertura. Os fluxos de gases de nitrogênio (0,9 N kg ha⁻¹ ano⁻¹) também foram superiores sob uso de leguminosas (Tabela 1). Valores mais elevados de CO₂ e de NO foram medidos após as primeiras chuvas depois do longo período de seca (setembro). No período de chuva e na transição da chuva para a época seca, esses picos ocorreram, geralmente, em seguida à fertilização da cultura de milho ([Fig. 1](#) e [2](#)).

Em Latossolo Vermelho sob cultivo de milho em sucessão à mucuna-preta, determinou-se um valor elevado de emissão de NO imediatamente e outro no terceiro dia após aplicação de uréia em cobertura. Depois de cinco dias da fertilização, a emissão de NO retornou a valores semelhantes aos de solo sob vegetação nativa do Cerrado. Não foram observadas diferenças significativas entre os sistemas de preparo do solo ([Fig. 3](#)).

Tabela 1. Fluxos médios anuais de gases de efeito estufa em solo sob plantas de cobertura, com incorporação e em plantio direto. Planaltina, DF.

Espécies vegetais	C-CO ₂		N-(NO + N ₂ O)	
	Com incorporação	Plantio direto	Com incorporação	Plantio direto
Crotalária juncea	18,8 (a)	20,1 (a)	0,9 (a)	0,7 (a)
Mucuna-cinza	18,5 (a)	24,2 (a)	0,9 (a)	1,0 (a)
V. espontânea	14,7 (b)	16,3 (b)	0,5 (b)	0,9 (a)

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Wilcoxon a 5 % de significância.

Fonte: Adaptado de [Carvalho \(2005\)](#)

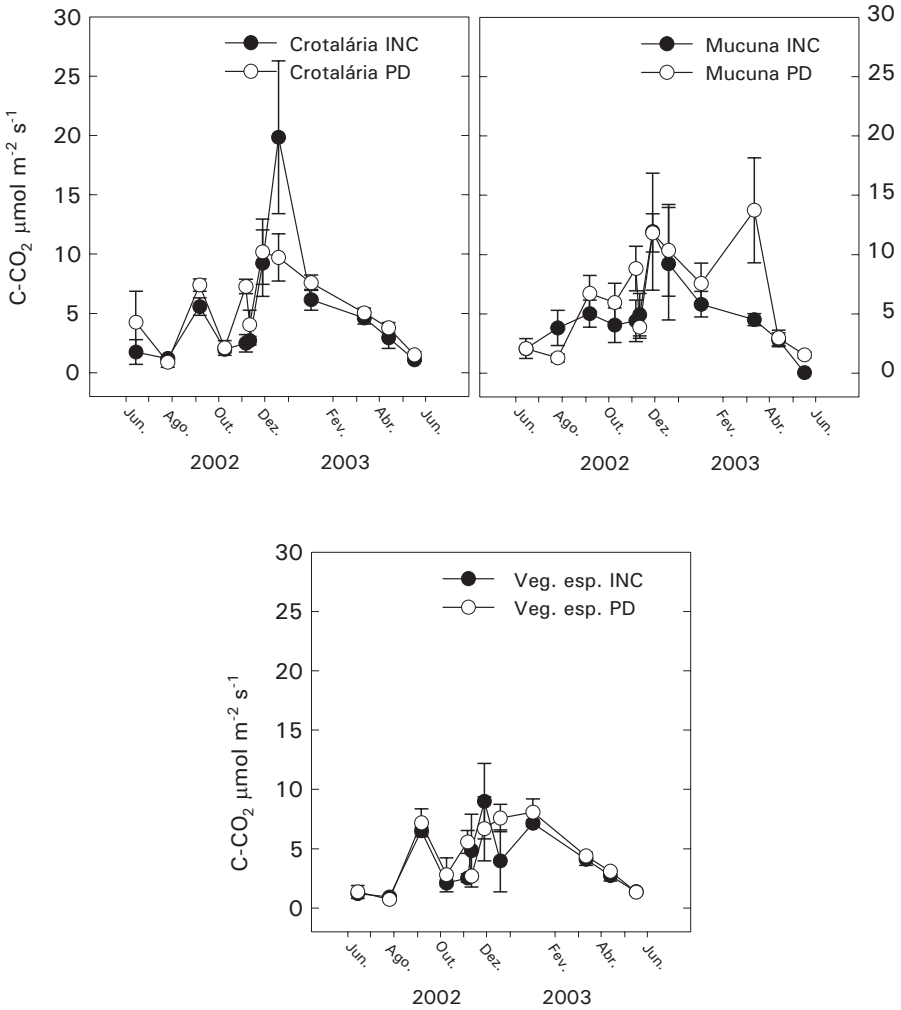


Fig. 1. Fluxos de CO₂ (média $\pm$ DP) medidos em solo sob uso de plantas de cobertura, com incorporação (INC) e sem incorporação (PD). Planaltina, DF.

Fonte: Adaptado de [Carvalho \(2005\)](#)

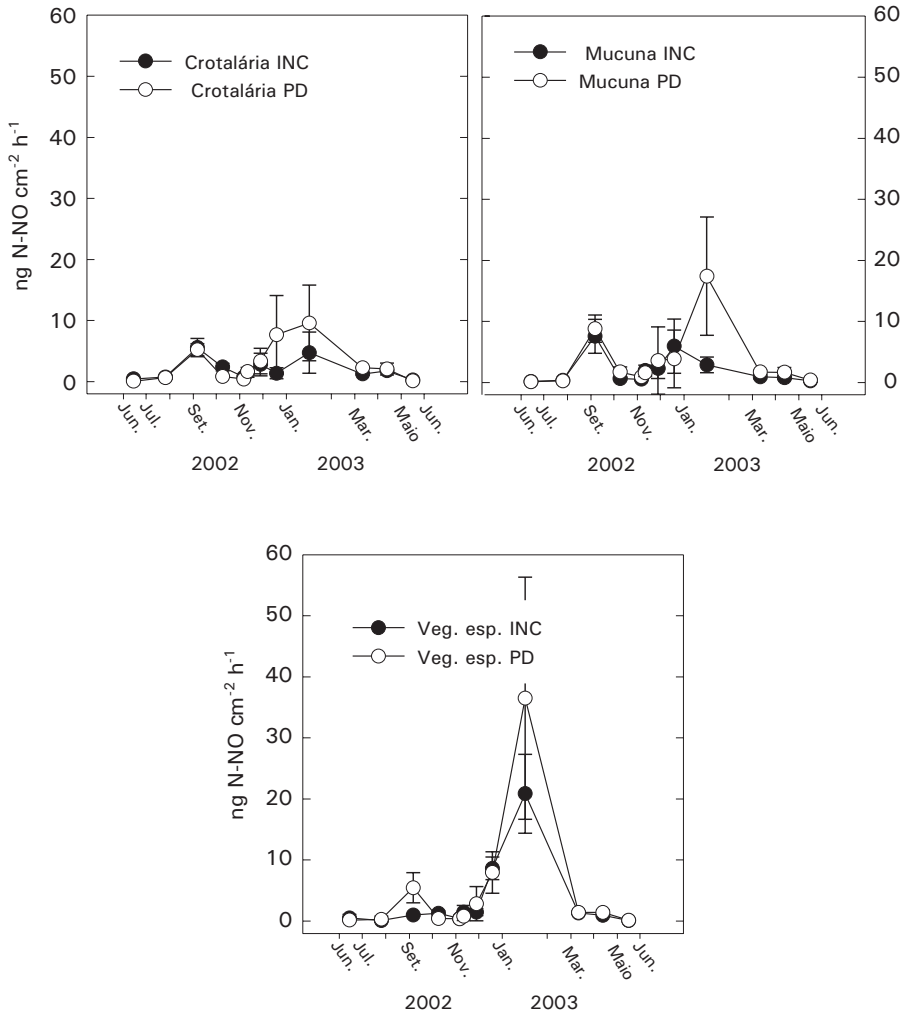


Fig. 2. Fluxos de NO (média $\pm$ DP) medidos em solo sob plantas de cobertura, com incorporação (INC) e sem incorporação (PD). Planaltina, DF.

Fonte: Adaptado de [Carvalho \(2005\)](#)

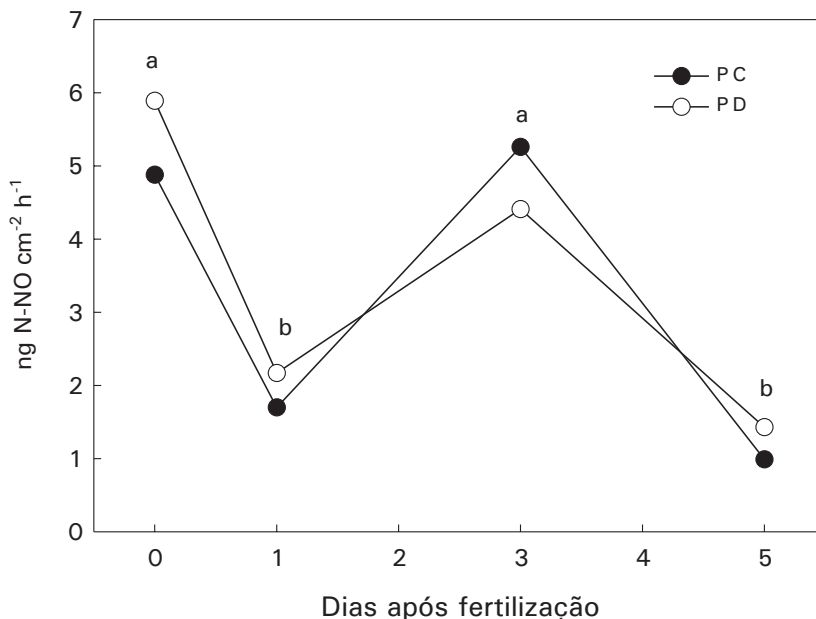


Fig. 3. Fluxos de N-NO ($\text{ng cm}^{-2} \text{h}^{-1}$), no período entre o dia da aplicação de N (uréia) até o quinto dia depois, nos sistemas plantio convencional (PC) e plantio direto (PD) em um Latossolo Vermelho argiloso distrófico cultivado com milho.

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de significância.

Fonte: [Carvalho et al. \(2006\)](#)

Considerações finais

A divulgação dos últimos relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2001) e a constatação de que o aquecimento global decorre das emissões de gases de efeito estufa têm mobilizado a comunidade internacional a buscar soluções para essas mudanças climáticas.

O monitoramento dos fluxos de gases de efeito estufa no solo é fundamental para atender às demandas constantes por inventários e práticas mitigadoras das emissões de gases em agroecossistemas no

Cerrado. Assim, o balanço de NO, N₂O e CO₂ do solo, caracterizando-o como fonte ou dreno, é fundamental para avaliar os impactos ambientais de agroecossistemas.

Referências

- ANDERSON, I. C.; POTH, M. A. Controls on fluxes of trace gases from Brazilian Cerrado soils. **Journal of Environmental Quality**, v. 27, p. 1117-1124, 1998.
- AULAKH, M. S.; DORAN, J. W.; WALTERS, D. T.; POWER, J. F. Legume residue and soil water effects on denitrification in soils of different textures. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 23, p. 1161-1167, 1991.
- BAKWIN, P. S.; WOFSY, S. C.; FAN, S. A.; KELLER, M.; TRUMBORE, S. E.; COSTA, J. M. da. Emission of nitric oxide (NO) from tropical forest soils and exchange of NO between the forest canopy and the atmospheric boundary layers. **Journal of Geophysical Research**, v. 95, p. 16755-16764, 1990.
- BERNOUX, M.; CARVALHO, M. C. S. da; VOLKOFF, B.; CERRI, C. C. CO₂ emission from mineral soils following land-cover change in Brazil. **Global Change Biology**, v. 7, p. 779-787, 2001.
- BRONICK, C. J.; LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**, v. 24, p. 3-22, 2005.
- BROWN, S.; LUGO, A. E. The storage and production of organic matter in tropical forests and their role in the global carbon cycle. **Biotropica**, v. 4, p. 161-187, 1982.
- CAMARGO, P. B. de; TRUMBORE, S. E.; MARTINELLI, L. A.; DAVIDSON, E. A.; NEPSTAD, D. C.; REYNALDO, L. V. Soil carbon dynamics in regrowing forest of eastern Amazonia. **Global Change Biology**, v. 5, p. 693-702, 1999.
- CÁRDENAS, L.; RONDÓN, A.; JOHANSSON, C.; SANHUEZ, E. Effects of soil moisture, temperature, and inorganic nitrogen on nitric oxide emissions from acidic tropical savannah soils. **Journal of Geophysical Research**, v. 98, p. 14783-14790, 1993.
- CARDOSO, A. N.; SAMINÊZ, T. C.; VARGAS, M. A. **Fluxo de gases-traço de efeito estufa na interface solo/atmosfera em solos de Cerrado**. Planaltina, DF:

Embrapa Cerrados, 2001. 23 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 17).

CARVALHO, A. M. de; BURLE, M. L.; PEREIRA, J.; SILVA, M. A. da. **Manejo de adubos verdes no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 28 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 4).

CARVALHO, A. M. de. **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. 2005. 199 p. Tese (Doutorado)- Universidade de Brasília, Brasília.

CARVALHO, A. M.; BUSTAMANTE, M. M. C.; KOZOVITS, A. R.; MIRANDA, L. N.; VIVALDI, L. J.; SOUSA, D. M. Emissões de NO e N₂O associadas à aplicação de uréia sob plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 679-685, 2006.

CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes tipos de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 425-432, 1999.

DAVIDSON, E. A. Sources of nitric oxide and nitrous oxide following wetting of dry soil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, p. 95-102, 1992.

DAVIDSON, E. A.; BUSTAMANTE, M. M. C.; PINTO, A. S. 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**, v. 1, p. 312-319, 2001.

DAVIDSON, E. A.; KELLER, M.; ERICKSON, H. E.; VERCHOT, L. V.; VELDKAMP, E. Testing a conceptual model of soil emissions of nitrous and nitric oxides. **BioScience**, v. 50, p. 667-680, 2000.

DAVIDSON, E. A.; MATSON, P. M.; BROOKS, P. D. Nitrous oxide emission controls and inorganic nitrogen dynamics in fertilized tropical agricultural soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 60, p. 1145-1152, 1996.

DAVIDSON, E. A.; MATSON, P. M.; VITOUSEK, R.; RILEY, R.; DUNKIN, K.; GARCÍA-MÉNDEZ, G.; MAASS, J. M. Processes regulating soil emissions of NO and N₂O in a seasonally dry tropical forest. **Ecology**, v. 74, p. 130-139, 1993.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America: American Society of Agronomy, 1994. p. 3-21.

DORAN, G. W. Soil microbial and biochemical changes associated with reduce tillage. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, p. 765-771, 1980.

DUXBURY, J. M.; SMITH, M. S.; DORAN, J. M. Soil organic matter as a source and a sink of plant nutrients. In: COLEMAN, D. C.; OADES, J. M.; UEHARA, G. (Ed.). **Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems**. Hawaii: University of Hawaii, 1994, p. 33-67.

FERREIRA, E. A. B. **Dinâmica do fluxo de CO₂ e do carbono da biomassa microbiana em diferentes sistemas de manejo do solo do cerrado**. 2002. 145 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **IPCC WGI third assesment report, climate change 2001**: the scientific basis. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

JOHANSSON, C.; SANHUEZA, E. Emission of NO from savanna soils during rainy season. **Journal of Geophysical Research**, v. 93, p. 193-214, 1988.

JOHANSSON, C.; RODHE, H.; SANHUEZA, E. Emission of NO in a tropical savanna and a cloud forest during the dry season. **Journal of Geophysical Research**, v. 93, p. 7180-7193, 1988.

KELLER, M.; WEITZ, A. M.; BRYAN, B.; RIVERA, M. M.; SILVER, W. L. Soil-atmosphere nitrogen oxide fluxes: effects of root disturbance. **Journal of Geophysical Research**, v. 105, p. 17693-17698, 2000.

KER, J. C.; PEREIRA, N. R.; CARVALHO JÚNIOR, W.; CARVALHO FILHO, A. Cerrados: solos, aptidão e potencialidade agrícola. In: SIMPOSIO SOBRE MANEJO E CONSERVACAO DO SOLO NO CERRADO, 1990, Goiânia, GO. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p. 1-31.

LAL, R. Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. **Environmental Pollution**, v. 116, p. 353-362, 2002.

LIMA, M. A. Emissão de gases de efeito estufa provenientes de sistemas agrícolas no Brasil. **Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, v. 3, p. 38-43, 2000.

MEIXNER, F. X.; FICKINGER, T.; MARUFU, L.; SERÇA, D.; NATHAUS, F. J.; MAKINA, E.; MUKURUMBIRA, L.; ANDREAE, M. O. Preliminary results on nitric oxide emission from a southern African savanna ecosystem. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 48, p. 123-138, 1997.

PARKIN, T. B. Soil microsites as a source of denitrification variability. **Soil Science Society of America Journal**, v. 51, p. 1194-1199, 1987.

PINTO, A. S. **Contribuição dos solos de cerrado do Brasil central para as emissões de gases traço (CO₂, N₂O e NO): sazonalidade, queimadas prescritas e manejo das pastagens degradadas**. 2003. 109 p. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília.

PINTO, A. S.; BUSTAMANTE, M. M. C.; KISSELLE, K.; BURKE, R.; ZEPP, R.; VIANA, L. T.; VARELLA, R. F.; MOLINA, M. Soil emissions of N₂O, NO and CO₂ in Brazilian Savannas: effects of vegetation type, seasonality and prescribed fires. **Journal of Geophysical Research**, v. 107, p. 8089-8095, 2002.

POTH, M. A.; ANDERSON, I. C.; MIRANDA, H. S.; MIRANDA, A. C.; RIGGAN, P. J. The magnitude and persistence of soil NO, N₂O, CH₄, and CO₂ fluxes from burned tropical savanna in Brazil. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 9, p. 503-513, 1995.

RESCK, D. V. S. Agricultural intensification systems and their impact on soil and water quality in the Cerrados of Brazil. In: LAL, R. **Soil quality and agricultural sustainability**. Michigan: Ann Arbor Press, 1998. p. 288-300.

RONDÓN, A.; JOHANSSON, C.; SAHUEZA, E. NO emissions from soils and a termite nest in a trachipogon savanna of the Orinoco basin. **Journal Atmospheric Chemical**, v. 17, p. 293-306, 1993.

SAMINÊZ, T. C. O. de. **Efeito de cultivo, tensão da água, biomassa microbiana e temperatura do solo nos fluxos de CH₄ e N₂O em solos de cerrados**. 1999. 99 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

SANHUEZA, E.; CÁRDENAS, L.; DONOSO, L.; SANTANA, M. Effect of plowing on CO₂, CO, CH₄, N₂O, and NO fluxes from tropical savannah soils. **Journal of Geophysical Research**, v. 99, p. 16429-16434, 1994.

SANHUEZA, E.; HAO, H. M.; SCHARFFE, D.; DONOSO, L.; CRUTZEN, P. J. N₂O and NO emissions from soils of the northern part of the Guayana Shield, Venezuela. **Journal of Geophysical Research**, v. 95, p. 22481-22488, 1990.

SILVA, J. E.; LEMAINSKI, J.; RESK, D.V.S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região dos cerrados dos oeste baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, p. 541-547, 1994.

SKIBA, U. M.; DICK, J. **Emissions of climate forcing gases from tropical soils**. Edinburg: Centre of Ecology and Hidrology, 2004.

SKIBA, U. M.; SMITH, K. A.; FOWLER, D. Nitrification and denitrification as sources of nitric oxide and nitrous oxide in a sandy loam soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, p. 1527-1536, 1993.

VARELLA, R. F.; BUSTAMANTE, M. M. C.; PINTO, A. S.; KISSELLE, K.; SANTOS, R. V.; BURKE, R.; ZEPP, R.; VIANA, L. T. Soil fluxes of CO₂, CO, NO, and N₂O from an old pasture and from native savanna in Brazil. **Ecological Applications**, v. 14, p. S221-S231, 2004.

VARGAS, M. A. T.; MENDES, I. C. de; CARVALHO, A. M. de; BURLE, M. L.; HUNGRIA, M. Inoculação de leguminosas e manejo de adubos verdes. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p. 97-127.

VELDKAMP, E.; KELLER, M.; NUÑES, M. Effects of pasture management on N₂O and NO emissions from soils in the humid tropics of Costa Rica. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 12, p. 71-79, 1998.

VERCHOT, L. V.; DAVIDSON, E. A.; CATTÂNIO, J. H.; ACKERMAN, I. L.; ERICKSON, H. E.; KELLER, M. Land use change and biogeochemical controls of nitrogen oxide emissions from soils in eastern Amazonia. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 13, p. 31-46, 1999.

VOS, G. J. M.; BERGEVOET, I. M. J.; VEDY, J. C.; NEYROUND, J. A. The fate of spring applied fertilizer N during the autumm-winter period: comparision between winter-fallow and green manure cropped soil. **Plant Soil**, v. 160, p. 201-213, 1994.

Fluxes of NO, N₂O, CO₂ in the Cerrado's Agroecosystems

Abstract

In the last 30 years, the Cerrado Biome has suffered very intense conversion of its native vegetation into croplands (Brazilian Savanna). This habitat modification has contributed with 25 % and 90 % of the total CO₂ and N₂O anthropogenic emission respectively. Soil preparation (tillage and no-tillage), deposition of crop residues, cultivation of N-fixing species and nitrogen fertilization are management practices that influence trace gas fluxes from soil to atmosphere. Nevertheless, the interaction between such practices and NO, N₂O and CO₂ fluxes in the Cerrado region is still unclear. Raining events after the dry season results in NO and CO₂ pulses. The interaction between nitrogen application-during rain events affects NO and CO₂ emissions. The soil in the no-tillage system when under leguminosae shows higher annual emissions of CO₂. In the seasonal dry, most of the N₂O fluxes values are below the detection limit. Higher NO fluxes are found immediately (5.4 ng NO-N cm⁻² h⁻¹) and 3 days (4.8 ng NO-N cm⁻² h⁻¹) after N fertilization and irrigation. After the first pulses of NO (5.4 ng NO-N cm⁻² h⁻¹ and 4.8 ng NO-N cm⁻² h⁻¹), the emission decreases significantly (1.9 ng NO-N cm⁻² h⁻¹). Residues of cover plants and nitrogen fertilization associated to raining events affects trace gas fluxes.

Index terms: cover crops, carbon storage, organic matter, no-tillage, trace gas fluxes.