



Emissões de óxido nitroso do solo com resíduos culturais de soja sob sistemas de manejo no Cerrado⁽¹⁾.

**Isis Lima dos Santos⁽²⁾; Alexandra Duarte de Oliveira⁽³⁾; Cícero Célio de Figueiredo⁽⁴⁾
João Guilherme Ravello Ceolin⁽⁵⁾; Fernanda Rodrigues da C. Silva⁽⁶⁾; Cid Árley
Neres de Sousa⁽⁶⁾**

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Embrapa Cerrados e UnB.

⁽²⁾ Estudante de doutorado; Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro; Brasília, DF; Isis.lima21@bol.com.br; ⁽³⁾ Pesquisadora; Embrapa Cerrados; Planaltina, DF; ⁽⁴⁾ Professor Adjunto; Universidade de Brasília, DF; ⁽⁵⁾ Estudante de graduação em Agronomia, Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro; Brasília, DF; ⁽⁶⁾ Estudantes de graduação em Gestão Ambiental, Universidade de Brasília, Campus Planaltina, Brasília, DF.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar os fluxos de óxido nitroso do solo, decorrentes dos resíduos culturais da soja sob sistema de manejo convencional, em pousio e, sob plantio direto com sorgo, tendo o cerrado como ambiente de referência. Para tanto, utilizou-se de um experimento de longa duração, localizado na Embrapa Cerrados, Planaltina, DF. As coletas de amostras de ar, para determinação das emissões de N₂O, aconteceram semanalmente, pelo método da câmara estática, com determinação por cromatografia gasosa. Nos mesmos locais, foram coletadas amostras de solo para determinação da umidade, espaço poroso saturado por água, densidade do solo e teores de nitrato. O cerrado nativo apresentou os menores fluxos de N₂O. O uso de fertilizante nitrogenado no PD e a decomposição dos resíduos culturais da soja no PC, juntamente com a saturação de poros acima de 60%, foram os fatores que mais contribuíram para a ocorrência dos maiores fluxos de N₂O nos sistemas agrícolas.

Termos de indexação: nitrato, espaço poroso saturado por água, sorgo.

INTRODUÇÃO

Os solos agrícolas do bioma Cerrado são importantes fontes e sumidouros de diferentes gases do efeito estufa (GEE), entre eles, o óxido nitroso (N₂O) (Siqueira Neto et al., 2011). A concentração global desse gás vem aumentando a uma taxa de 0,82 ppb ano⁻¹ (WMO, 2014) e, no Brasil, os solos agrícolas já respondem por 64% das emissões diretas de N₂O (MCTI, 2014). Esses incrementos anuais da concentração atmosférica do N₂O, juntamente com outros gases, irão interferir nas mudanças futuras do clima. No caso específico do N₂O os seus efeitos danosos são devido ao longo tempo de permanência na atmosfera de 131 anos (Hartmann et al., 2013), e elevado potencial de aquecimento global. No Cerrado poderão ocorrer aumentos de temperatura entre 1°C a 5,5°C e reduções entre 20% a 45% das precipitações, em

decorrência das mudanças climáticas (PBMC, 2013).

A tendência de aumento das concentrações de N₂O nos países em desenvolvimento, através da expansão agrícola e, conseqüentemente, maior consumo de fertilizantes nitrogenados minerais (Smith et al., 2007), mais a identificação de que 72% das terras no Brasil, aptas para essa expansão, estão localizadas no Cerrado (Coelho, 2011), confirmam a necessidade de mais informações sobre os padrões de emissões de N₂O em áreas agrícolas desse bioma.

A maior disponibilidade de nitrato do solo e altos teores de carbono lábil, além das alterações na estrutura do solo decorrentes do manejo são fatores que interferem na intensidade das atividades microbianas, responsáveis pelas emissões de N₂O (Butterbach-Bahl et al., 2013). O ciclo fenológico das culturas, o manejo e os resíduos culturais, incorporados ou não, resultarão também em diferentes valores de emissões (Zschornack et al., 2011; Zhang et al., 2015).

Já se sabe que o uso de determinadas leguminosas, na rotação cultural, é uma prática promissora nas reduções de emissões de N₂O (Uchida & Akiyama, 2013). Contudo, a diversidade de formas de cultivo como o uso de leguminosas com a utilização de gramíneas em rotação, como safrinha, ou, o não cultivo após a colheita, deixando o solo em pousio, gera incertezas quanto ao efeito mitigador de alguns sistemas de manejo sob essas condições de cultivo.

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar os fluxos de óxido nitroso do solo com resíduos culturais da soja sob sistema de manejo convencional, em pousio e, sob plantio direto com sorgo, tendo o cerrado nativo como ambiente de referência.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em um experimento de longa duração de 19 anos da Embrapa Cerrados, localizado em Planaltina, DF (15°35'33,99" S e



47°44'12,32" W e altitude de 1.035 m). O clima da região é estacional e corresponde ao tipo Aw-tropical chuvoso (Köppen), com presença de verões chuvosos de outubro a março e invernos secos de abril a setembro. A precipitação média anual é de 1500 mm e temperatura variando de 22°C a 27°C, em média (Klink & Machado, 2005). O solo da área experimental é classificado como um Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa, 2011).

A área experimental foi cultivada com a soja (BRAS 110016), superprecoce (≈ 100 dias), em espaçamento de 0,45 m. Aplicou-se 400 kg/ha da formulação 0-20-20 com tratamento de semente fúngico (Vitax tyram® 120 mL 40 kg⁻¹) e inseticida (Standak® 80 mL 40 kg⁻¹). As sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* (estirpes CPAC 7 e CPAC 15). Também foi utilizado o herbicida pré-emergente Dual gold® (2 L/ha). A data de plantio foi em 20/10/2013 e a colheita em 29/01/2014, com produtividade média de 2,4 ton ha⁻¹. O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench BRS332), plantado em 10/02/2014, no espaçamento de 0,50 m, recebeu 50 kg ha⁻¹ de fertilização nitrogenada (uréia) no dia 09/03/2014 em cobertura e colheita em 09/06/2014.

Os fluxos de N₂O foram determinados em 19 eventos, distribuídos em intervalos semanais durante cinco meses: fevereiro, março, abril, maio e junho. As coletas de dados iniciaram no dia 03/02/2014. Foram avaliados dois sistemas de manejo, plantio direto (PD) e outro com manejo convencional (PC) e uma área sob vegetação nativa de cerrado, contígua a área experimental e utilizada como referência. Nos dois sistemas agrícolas as avaliações foram realizadas quando: a) no PD a área experimental estava com os resíduos culturais da soja e, safrinha de sorgo; b) no PC a área estava com resíduos da soja e permaneceu em pousio. As coletas finalizaram-se em 09/06/2014.

As amostras de gases foram realizadas aplicando-se o método da câmara estática fechada (Mosier, 1989), em triplicata por parcela experimental, tomada nos tempos 0, 15 e 30 minutos após o fechamento da câmara, além da coleta do ar ambiente. As leituras aconteceram no período da manhã (09:00-12:00). A determinação da concentração do N₂O foi realizada no Laboratório de Cromatografia gasosa da Embrapa Cerrados.

Para a determinação de nitrato (NO₃⁻) do solo foram coletadas amostras, na profundidade de 0-5 cm, em seis pontos previamente determinados das entrelinhas, formando uma amostra composta. De cada amostra, foi retirada uma alíquota, para determinação da umidade do solo que foi obtida através da secagem do solo a 105°C, por 48 horas. As análises para determinação de NO₃⁻ do solo foram realizadas com a extração em 50 mL de KCl 2

mol L⁻¹, segundo Bremner & Mulvaney (1982) procedendo-se a destilação pelo método de Kjeldahl. A densidade do solo foi obtida de amostras indeformadas coletadas na mesma profundidade. A temperatura média do ar e a precipitação pluviométrica foram registradas em estação meteorológica automática instalada na área experimental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observadas elevadas oscilações dos fluxos de N₂O em todos os sistemas de manejo durante os 19 eventos de avaliações realizados em 126 dias. Entre os sistemas agrícolas o menor e maior fluxo de N₂O foram observados no PD, com valores entre 1,5 a 266,2 $\mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. No cerrado nativo durante todo o período de avaliação as emissões máximas foram de 8,3 $\mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, comportando-se, como um sistema em equilíbrio (Martins et al., 2015), com reduzidos valores de NO₃⁻ do solo (**Figura 1a**).

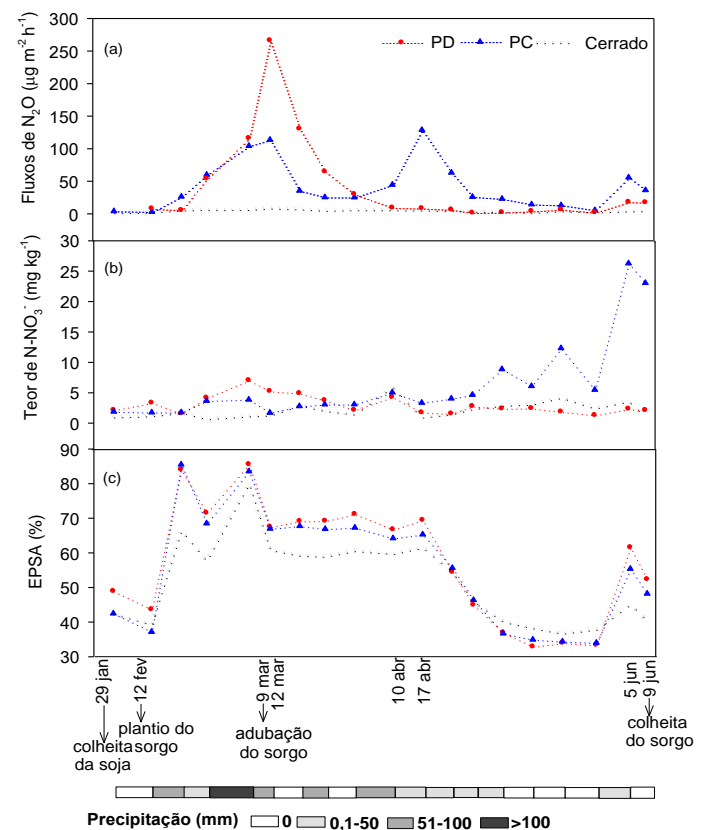


Figura 01. Emissões diárias de N₂O (a), nitrato do solo (b) e EPSS (c) durante o período avaliado. Planaltina, DF, Brasil.



A emissão de $266,2 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, no PD, que ocorreu em 12/03/2014, resulta da adubação nitrogenada realizada três dias antes na cultura do sorgo, aumentando a disponibilidade de nitrogênio para as transformações anaeróbias e a atividade microbiana no solo, propiciando a redução de NO_3^- a N_2O . Além da fertilização com N, o fator umidade do solo, representado pelo EPSA de mais de 60%, decorrente de eventos que somaram mais de 50 mm em precipitação, podem ter influenciado a máxima emissão no PD (**Figura 1c**).

Ainda no PD, nas três coletas seguintes, existiram picos de emissão com reduções gradativas dos fluxos de N_2O , que se estenderam até o dia 01/04/2014 ($130,5 > 64,8 > 30 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$). Ou seja, o efeito da adubação sob o sorgo foi observado por até 23 dias, após a aplicação em cobertura, condicionada pelo EPSA, nesse intervalo, superior a 60%. Posteriormente a esses valores de emissão, os fluxos de N_2O observados no PD até o final do ciclo do sorgo, ficaram abaixo de $18 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ (**Figura 1a**). Os resultados corroboram com avaliações realizadas por diferentes autores em sistemas de manejo direto e convencional, com rotações entre leguminosas e gramíneas, com o uso de fertilizantes nitrogenados, como a uréia (Siqueira Neto et al., 2010; Zanatta et al., 2010; Carvalho et al., 2013).

No sistema de manejo PC que estava em pousio, com apenas os resíduos culturais da safra de soja, sem incorporar, os fluxos de N_2O oscilaram de 3 a $128,8 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ (**Figura 1a**). De modo geral, ocorreram dois picos máximos de emissão de $113,7$ e $128,8 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ observados nesse sistema nos dias 12/03/2014 e 17/04/2014, respectivamente. Deve-se ressaltar a ocorrência de precipitações significativas (50-100 mm) anteriores as emissões observadas. Destaca-se também o efeito da decomposição dos resíduos culturais da soja, que resultaram em maiores fluxos de N_2O . A soja por ser uma leguminosa, possui baixa relação C/N, apresentando uma rápida decomposição do material em superfície. Além disso, a presença de nódulos radiculares resulta em elevado acúmulo de N no solo depois da soja ser colhida (Kaye et al., 2007).

Os reflexos da mineralização dos resíduos culturais e nodulares da soja podem ser observados no crescente aumento dos teores de NO_3^- no solo, indicando que a desnitrificação foi o processo dominante nas emissões de N_2O sob o PC ao final do período avaliado (**Figura 1b**).

Gomes et al. (2009) relatam que em condições de elevada umidade e temperatura do solo há intensa atividade microbiana no solo, acelerando o processo de decomposição da matéria orgânica, afetando o ciclo do N. Sob essas condições, ainda de acordo os autores, é necessário evitar período de

pousio, afim de sincronizar a mineralização e disponibilidade de N com a capacidade de uma cultura subsequente utilizar esse nutriente.

Ao final do mês de abril (29/04/2014) observou-se que os fluxos em todos os sistemas foram abaixo de $25 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, coincidindo com um período sem ocorrência de chuvas, com EPSA abaixo de 40%. No início de julho a ocorrência de uma precipitação de 19,5 mm, após muitos dias sem chover, possivelmente, influenciou nas emissões de N_2O , que chegaram a 55 e $18 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, respectivamente, no PC e PD.

CONCLUSÕES

1. O cerrado nativo apresentou os menores fluxos de N_2O .

2. O uso de fertilizante nitrogenado no PD e decomposição dos resíduos culturais da soja, no PC, juntamente com a saturação de poros acima de 60%, foram os fatores que mais contribuíram para a ocorrência dos maiores fluxos de N_2O nos sistemas agrícolas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da Embrapa Cerrados e da Capes na execução da pesquisa.

REFERÊNCIAS

BUTTERBACH-BAHL, K., BAGGS, E.M., DANNENMANN, M., et al. S. Nitrous oxide emissions from soils: how well do we understand the processes and their controls? *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 368:1-13, 2013.

CARVALHO, M.T.M., MADARI, B.E., LEAL, W.G.O., et al. Nitrogen fluxes from irrigated common-bean as effected by mulching and mineral fertilization. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48:478-486, 2013.

COELHO, F.B. O cerrado e a integração nacional. In: *Reunião Anual da SBPC*. SBPC, Goiânia, GO, Brazil, 2011, p.63.

GOMES, J., BAYER, C., COSTA, F. de S., et al. Soil nitrous oxide emissions in long-term cover Crops based rotations under subtropical climate. *Soil & Tillage Research*, 106:36-44, 2009.

HARTMANN, D.L., KLEIN TANK, A.M.G., RUSTICUCCI, M., et al. 2013: Observations: Atmosphere and Surface. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013.



- KAYE, N.M., MASON, S.C., GALUSHA, T.D., et al. Nodulating and non-nodulating soybean rotation influence on soil nitrate-nitrogen and water, and sorghum yield. *Agronomy Journal*, 99:599–606, 2007.
- MARTINS, M. R., JANTALAIA, C.P., POLIDORO, J.C., et al. Nitrous oxide and ammonia emission from N fertilization of maize crop under no-till in Cerrado soil. *Soil & Tillage Research*, 151:75-81, 2015.
- MOSIER A.R. Change and isotope techniques. In: Exchange of trace gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere: report of the Dahlem Workshop, Berlin, Wiley, 1989, p.175-187.
- MCTI - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil. 2ª Ed. 2014. 164 p.
- PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS – PBMC. Impactos, Vulnerabilidade e Adaptação. Contribuição do grupo de trabalho 2 ao primeiro relatório de avaliação nacional do painel brasileiro de mudanças climáticas. Sumário Executivo do GT2. Rio de Janeiro, Brasil, 2013, 28p.
- SIQUEIRA NETO, M., PICCOLO, M. C., VENZKE FILHO, S.P. et al. Mineralização e desnitrificação do nitrogênio no solo sob sistema plantio direto. *Bragantia*, Campinas, 69:923-936, 2010.
- SIQUEIRA NETO, M., PICCOLO, M. C., JUNIOR, C. C., et al. Emissão de gases do efeito estufa em diferentes usos da terra no bioma Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35:63-76, 2011.
- SMITH, D. M., CUSACK, S., COLMAN, A. W., et al. Improved surface temperature prediction for the coming decade from a global climate model. *Science*, Washington, 317:796-799, 2007.
- UCHIDA, Y. & AKIYAMA, H. Mitigation of postharvest nitrous oxide emissions from soybean ecosystems: a review. *Soil Science and Plant Nutrition*, 59:477-487, 2013.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION - WMO. Greenhouse gas bulletin: The state of greenhouse gases in the atmosphere based on global observations through 2013. Geneva, Suíça, n.10, 8p., 2014. Disponível em: <<<http://www.wmo.int/gaw>>>. Acesso em 13 nov. 2014.
- ZANATTA, J.A., BAYER, C., VIEIRA, F.C.B., et al. Nitrous oxide and methane fluxes in south Brazilian gleysol as effected by nitrogen fertilizers. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34:1653-1665, 2010.
- ZHANG, Y., SHENG, J., WANG, Z., et al. Nitrous oxide and methane emissions from a Chinese wheat-rice cropping system under different tillage practices during the wheat-growing season. *Soil & tillage Research*, 146:261-269, 2015.
- ZSCHORNACK, T., BAYER, C., ZANATTA, J. A., et al. Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from flood-irrigated rice by no incorporation of winter crop residues into the soil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35:623-634, 2011.